Aus der Orthopädischen Klinik
der Universität Düsseldorf
Direktor: Prof. Dr. K.-P. Schulitz

Die Entwicklung der menschlichen Humerustorsion im Vergleich verschiedener anatomischer Meßverfahren unter Berücksichtigung des Prädilektionsalters der habituellen Schulterluxation

Dissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
der Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf

vorgelegt von

Bernard Lübbehüsen

1982

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41535714_0027

Aus der Orthopädischen Klinik
der Universität Düsseldorf
Direktor: Prof. Dr. K.-P. Schulitz

Die Entwicklung der menschlichen Humerustorsion im Vergleich verschiedener anatomischer Meßverfahren unter Berücksichtigung des Prädilektionsalters der habituellen Schulterluxation

Dissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
der Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf

vorgelegt von

Bernard Lübbehüsen

1982

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf

Der Dekan
der Medizinischen Fakultät
der Universität Düsseldorf
gez.: Prof.Dr. Arnold

Referent:
gez.: Prof.Dr. Schulitz
Korreferent:
gez.: Prof.Dr. Schweitzer

Inhaltsverzeichnis

I	Einleitung	9
II	Anatomische Grundlagen	10
1	Allgemeine Anatomie	10
1.1	Morphologie	10
1.1.1	Humerus	10
1.1.2	Scapula	15
1.1.3	Schultergelenk	16
1.2	Funktion	17
2	Torsion	17
2.1.1.1	Allgemeine Definition der Torsion	17
2.1.1.2	Allgemeine Definition der Rotation	18
2.1.1.3	Allgemeine Definition der Version	18
2.1.2.1	Definition der Humerustorsion	18
2.1.2.2	Definition der Humerusrotation	19
2.2.1	Meßmethoden am Humerus	20
2.2.1.1	Festlegung der Achsen	20
2.2.1.2	Tropometer nach Broca	20
2.2.1.3	Knochenmeßbrett nach Ried	21
2.2.1.4	Hippogoniometer nach Duerst	22
2.2.1.5	Torsiometer nach Krahl	23
2.2.1.6	Parallelograph nach Martin/Saller	24
2.2.2	Meßmethode an der Scapula	26
2.2.2.1	Goniometer nach Martin und Mollison	26
2.2.3	Wahl der Achsen	27
2.2.3.1	Die proximalen Achsen	27
2.2.3.2	Die distalen Achsen	28
2.2.3.3	Der Torsionswinkel	28
2.2.3.4	Schwierigkeiten der Messung	28

2.3	Phylo- und ontogenetische Entwicklung	29
2.3.1	Existenz der Torsion	29
2.3.2	Primäre und sekundäre Torsion	29
2.4	Theorien über die Lokalisation der Torsion	30
2.4.1	Diaphyse	30
2.4.2	Epiphysen	30
2.4.2.1	Distale Epiphyse	30
2.4.2.2	Proximale Epiphyse	31
2.5	Richtung der Torsion	33
2.5.1	Richtung der Rotation	33
2.5.2	Richtung der Torquierung	33
2.6	Theorien über die Ursachen der Torsion	34
2.7	Abhängigkeit der Torsion von verschiedenen Faktoren	36
2.7.1	Konstitutionelle Unterschiede	36
2.7.2	Rassische Unterschiede	37
2.7.3	Geschlechtsabhängige Unterschiede	38
2.7.4	Seitenunterschiede	38
2.7.5	Altersunterschiede	39
III	Problemstellungen im Zusammenhang mit der Humerustorsion	40
1.1	Problem der Messung in vivo	40
1.2	Fehlende Normwerte	40
1.3	Klinische Relevanz	40
1.3.1	Pathogenetische Einflüsse der Humerustorsion	41
1.3.1.1	Einfluß auf Periarthritis humeroscapularis	41
1.3.1.2	Einfluß auf Stabilität des Schultergelenks	41
1.3.1.3	Optimale Torsion	42

1.3.1.4	Neigung der Gelenkpfanne	42
1.3.2	Therapeutisches Problem	42
1.3.2.1	Rotationsosteotomien nach Weber und Saha	42
IV	Eigene Messungen	44
1	Untersuchungsgut	44
1.1	Alters-, Geschlechts- und Seitenverteilung	44
1.2	Thoraxform	45
1.3	Händigkeit	45
1.4	Defekte	45
2	Methode	46
2.1	Humerus	46
2.1.1	Bezugsachsen zur Torsions/Versionsbestimmung	46
2.1.1.1	Die distale Bezugsachse	46
2.1.1.2	Die proximalen Bezugsachsen	46
2.1.2	Dicken- und Längenmessung	48
2.2	Scapula	48
2.2.1	Bezugsachsen für die Bestimmung der Abkippung der Scapulagelenkfläche	48
2.2.2	Die Messung des Winkels mit dem Mollison'schen Goniometer	48
3	Meßgeräte	49
3.1	Das Meßbrett	49
3.2	Die Vorrichtung zur Bestimmung der Halsachse	50
3.2.1	Beschreibung der Konstruktion	50
3.2.2	Anleitung zur Benutzung	52

3.3	Die Vorrichtung zur Bestimmung der Version	52
3.4	Die Vorrichtung zur Kopf - Hals - Achsenbestimmung	52
3.5	Die Vorrichtung zur waagerechten Fixierung der Scapula	53
V	Ergebnisse	55
1	Die Version des Humeruskopfes (V)	55
1.1	Die gemessene Version (Vg)	55
1.2	Das altersabhängige Verhalten der gemessenen Version	55
1.3	Die errechnete Version	61
1.4	Das altersabhängige Verhalten der errechneten Version (Ve)	61
2	Die Torsion des Humerus	64
2.1	Die Torsion der anatomischen Achse (HT) und ihre Altersabhängigkeit	64
2.2	Die Torsion der Kopf-Hals-Achse (KHA) und ihre Altersabhängigkeit	67
2.3	Vergleich gemessene Version (Vg), errechnete Version (Ve), Halsachsentorsion (HT) und Kopf-Hals-Achsentorsion (KHA)	68
2.4	Verhalten der gemessenen Version gegenüber Halsachsen- und Kopf-Hals-Achsentorsion	69
3	Humeruslänge	69

4	Kippung der Scapulagelenkfläche	70
5	Das Verhalten der Humeruswinkel gegenüber der Humerusdicke	70
6	Das Verhalten der Humeruswinkel gegenüber der Humeruslänge	71
7	Das Verhalten der Humeruswinkel gegenüber der Kippung der Scapulagelenkfläche	71
8	Das Verhalten der Humeruswinkel zu den Diametern der Gelenkflächen	71
9	Das Verhalten der Humeruswinkel gegenüber der Thoraxform	71
10	Das Verhalten der Kippung der Scapulagelenkfläche gegenüber der Thoraxform	72
VI	Diskussion	73
1	Untersuchungsgut	73
2	Version	74
3	Gemessene Version	75
4	Errechnete Version	76
5	Halsachsentorsion	77
6	Kopf-Halsachsentorsion	78
7	Vergleich von Halsachsen- und Kopf-Halsachsentorsion	78
8	Armlänge und Händigkeit	79
9	Kippung der Scapulagelenkfläche	79

10	Verhalten der Humeruswinkel, Armlänge und -dicke, Scapuladicke und Thoraxform untereinander	79
VII	Zusammenfassung	82
VIII	Tabellenanhang	84
IX	Literaturverzeichnis	107
X	Lebenslauf	117

I Einleitung

Bei der heutigen Suche nach causaler Therapie der habituellen Schulterluxation ist es erforderlich, die einzelnen pathogenetischen Faktoren zu überprüfen und, falls erforderlich, Grundlagen für ihre Bewertung zu schaffen.

Die Humerustorsion wird als ein pathogenetischer Faktor angesehen, Rotationsosteotomien des proximalen Humerusendes sind als causale Therapie vorgeschlagen.

Normalwerte der Torsion aus dem Fachgebiet der Anatomie liegen vor; ihre klinische Relevanz ist vornehmlich aus vier Gründen unzureichend:

1. Anatomische Meßverfahren sind nicht für klinische Anwendung geeignet,
2. anatomisch ermittelte Maßzahlen sind nicht mit bisher angegebenen klinischen Meßverfahren reproduzierbar,
3. Angaben über Torsionswinkel jüngerer Altersgruppen, die im Rahmen der rezidivierenden Schulterluxation besonders interessieren, liegen nur vereinzelt vor,
4. aus dem Vergleich der vorliegenden anatomischen Maßzahlen ergeben sich Hinweise auf rassische Abhängigkeiten; für den heutigen Mitteleuropäer gültig erscheinende Werte finden sich nicht.

Hauptziele dieser Arbeit sind deshalb die Suche nach einem anatomischen Verfahren, das in vivo bestimmbare Achsen mißt und die Ermittlung von Normwerten unter Berücksichtigung der im Rahmen der Schulterluxation erforderlichen Informationen.

UNIV. LAIBEN BIBL.

II Anatomische Grundlagen

1 Allgemeine Anatomie

1.1 Morphologie

1.1.1 Humerus

Der Humerus, ein langer Röhrenknochen, steht gelenkig mit Scapula, Ulna und Radius in Verbindung. Er besteht aus einem Mittelstück, Corpus humeri, und den beiden Enden, Epiphysen, die Gelenkflächen und Vorsprünge tragen.

Sein proximales Ende besteht aus dem Kopf, Caput humeri, und zwei kräftigen Höckern, Tuberculum majus et minus, die als Muskelansätze dienen.

Die Gelenkfläche des Caput ist von Knorpel bedeckt. Jedoch bildet der Kopf keinen exakten Kugelausschnitt und auch die Knorpel-Knochengrenze ist nicht kreisförmig.

Abb.1: Rechter Humerus von dorsal; der Kopf bildet keinen exakten Kugelausschnitt, auch die Knorpel-Knochengrenze ist nicht kreisförmig.

Durch eine cranial seichte und schmale, jedoch causal deutlich breitere Rinne, den anatomischen Hals, erscheint das Caput humeri abgesetzt.

Wenn der Arm supiniert senkrecht herabhängt, nimmt der Kopf eine mediale, leicht rück- und aufwärtsgerichtete Position ein. Hals und Kopf besitzen also Valgität und Torsion.

Bei Betrachtung des proximalen Endes von distal erkennt man die morphologische Struktur von Hals und Kopf. Dabei fällt auf, daß zusätzlich zur Torsion des Humerus eine Abkippung des gelenkflächentragenden Teils des Kopfes vorhanden ist.

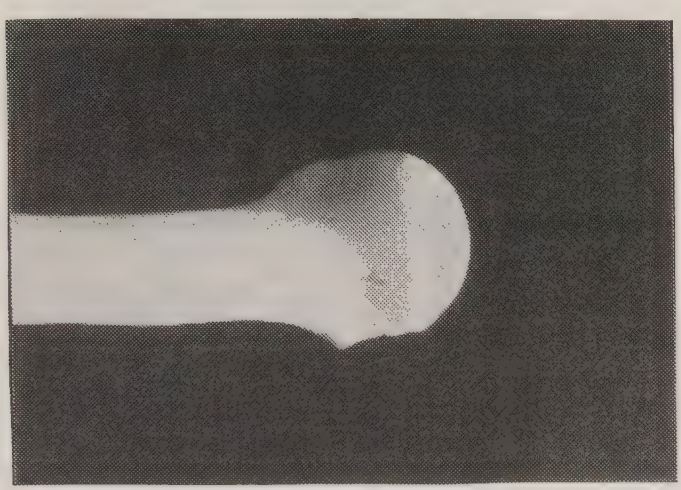
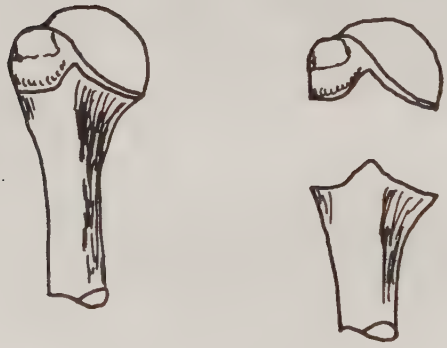


Abb.2: Bei Betrachtung von distal erkennt man am proximalen Humerusende zusätzlich zur Torsion eine Abkippung des gelenkflächentragenden Teils des Kopfes.

Unterhalb des Collum anatomicum finden sich zwei kräftige Höcker, deren größerer, Tuberculum majus, nach lateral zeigt und derer kleinerer, Tuberculum minus, an der Vorderfläche des Humerus liegt. Beide dienen dem Ansatz von Muskeln. Sie trennt der Sulcus intertubercularis, der die Bicepssehne aufnimmt.
Auf Seite 34 erfolgt die Besprechung der Muskelansätze und-kräfte.

Die proximale Wachstumszone verläuft durch das Tuberculum minus und direkt unterhalb des Tuberculum majus. Dabei ist ihr Verlauf nicht exakt transversal; beim Mediansagittalschnitt durch den Knochen erkennt man einen wellenförmigen Verlauf mit einem Maximum. Dieser Gipfel im lateralen Bereich wird von medial gesehen langsam erreicht, fällt jedoch relativ steil wieder ab.



A B

Abb.3: Linker Humerus von dorsal; A: eingezeichneter Verlauf der proximalen Epiphysenfuge, B: Trennung von Kopf und Hals im Bereich der proximalen Epiphysenfuge.

Abb. 4: Linker Humerus eines Achtzehnjährigen von dorsal. Der Verlauf der Wachstumsfuge im proximalen Anteil ist zu erkennen.

Beide Tubercula laufen gegen den Schaft zu in Leisten aus, die ebenfalls dem Ansatz von Muskeln dienen.

Der Schaft, Corpus humeri, der in der oberen Hälfte angenähert zylindrisch ist, zeigt etwas oberhalb der Mitte lateral eine Aufrauhung, den Ansatz des M. deltoideus. Darunter verläuft spiralig über die Seiten- und Rückfläche der Sulcus N. radialis.

Die übrigen Muskelansätze scheinen in unserem Zusammenhang von untergeordneter Bedeutung und werden hier nicht besprochen.

Nach distal nimmt der Schaft eine dreieckige Form an. Die beiden Seitenkanten (Margo medialis et lateralis) laufen in zwei Höcker (Epicondylus medialis et lateralis) aus, wobei der Epicondylus medialis der größere ist.

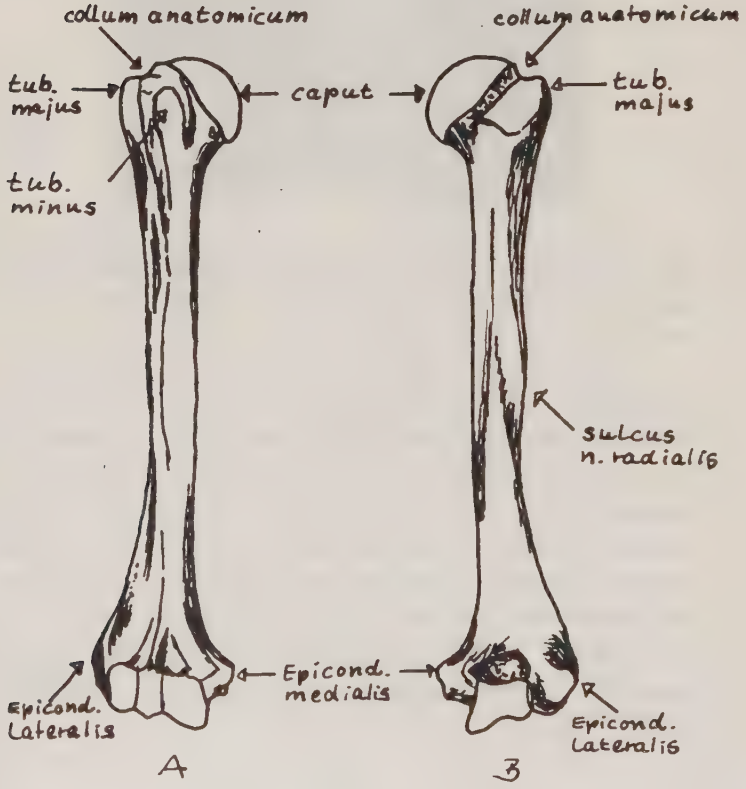


Abb.3: Rechter Humerus von vorne(A) und hinten (B)

Das breite, dorsoventral abgeflachte distale Ende des Humerus trägt die Gelenkflächen zur Verbindung mit Ulna und Radius. Das Capitulum humeri liegt dabei außen und artikuliert mit dem Caput radii. Nach medial, das heißt ulnar, stellt eine Rolle, Trochlea humeri, die gelenkige Verbindung mit der Elle her, durch eine Führungsleiste vom Capitulum getrennt. Die ulnare Seite der distalen Humerusgelenkfläche steht tiefer als die radiale, mit interindividuellen Unterschieden.

1.1.2 Scapula

Das Schulterblatt ist ein flacher, dreieckiger, an der Vorderfläche leicht konkaver Knochen.

Die Rückseite wird durch die schrägverlaufende Spina scapulae in zwei ungleich große Flächen unterteilt. Lateral endet die Spina in einem Fortsatz, dem Acromion, das eine Gelenkfläche zur Verbindung mit dem Schlüsselbein trägt.

Im Winkel zwischen Ober- und Außenkante, dem Angulus lateralis, befindet sich die Gelenkpfanne, Cavitas glenoidalis,auf dem Collum scapulae.

Über die Gelenkfläche erhebt sich der Processus coracoideus, der nach latero-ventral gerichtet ist und abgeplattet endet.

Die Scapulagelenkfläche ist knorpelig überzogen. Ein faserknorpeliger Ring, Labrum glenoidale, vergrößert die Gelenkfläche.

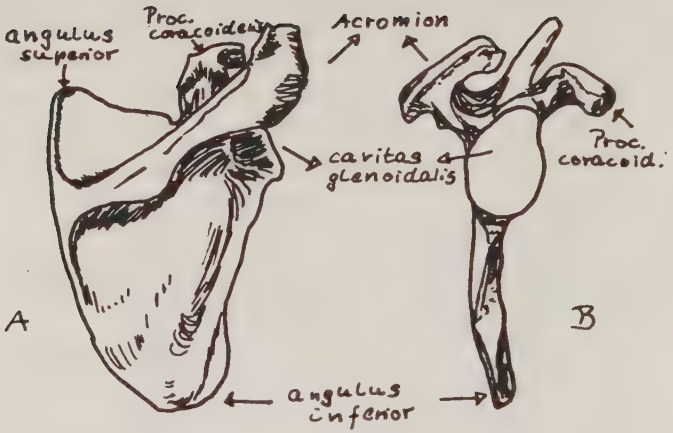


Abb.6: Rechte Scapula von hinten (A) und seitlich (B)

1.1.3 Schultergelenk

Die sich berührenden Gelenkflächen von Humeruskopf und Scapula sind gegenüber der Gesamtfläche des Kopfes klein, die Gelenkkapsel ist weit und schlaff. Beides trägt zur außerordentlichen Beweglichkeit der oberen Extremität bei, bedingt aber auch eine Instabilität des Schultergelenks.

Das knorpelige Labrum glenoidale vergrößert die Gelenkfläche der Scapula. Bänder (Lig. coracohumerale, Ligg. glenohumeralia im oberen Anteil) und Muskeln umhüllen das Gelenk. Dieses wird so statisch und dynamisch gesichert.

Im Zusammenhang unserer Untersuchung sei als weitere Sicherung die Torsion des Humerus und die Neigung der Scapulagelenkfläche genannt, deren Bedeutung zumindest bei einigen Arten in der phylogenetischen Reihe wahrscheinlich gemacht werden kann (Saha 78).

1.2 Funktion

Die in unserem Zusammenhang interessierende funktionelle Problematik des Schultergelenks beschränkt sich auf Torsion und Version von Kopf und Hals. Sie wird im Kapitel Entwicklungsgeschichte diskutiert.

2 Torsion

2.1.1.1 Allgemeine Definition der Torsion

Torsion ist definiert als Verwringung eines Knochens in seiner Längsachse dergestalt, daß die durch definierte Bezugspunkte am proximalen und distalen Ende gelegten Achsen nach dem Prozeß der Verwringung in zwei Ebenen zueinander liegen, die von denen vor der Torquierung verschieden sind.

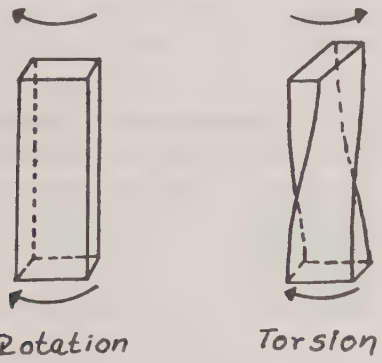


Abb. 7: Schematische Darstellung von Rotation und Torsion

2.1.1.2 Allgemeine Definition der Rotation

Unter Rotation ist die vollständige Drehung eines Knochens um seine Längsachse zu verstehen, ohne daß sich das Verhältnis seiner - wie auch immer definierten - queren Achsen zueinander ändert.

2.1.1.3 Allgemeine Definition der Version

Unter Version versteht man eine Richtungsänderung innerhalb einer (zur Torsionsbestimmung herangezogenen) Bezugsachse.

2.1.2.1 Definition der Humerustorsion

Für den Humerus bedeutet Torsion, daß eine Ebene durch die distale Bezugslinie und eine zweite durch die proximale, beide parallel zum Schaft, im Laufe einer Entwicklung in unterschiedlichem Winkel zueinander stehen.

Die erste detaillierte Beschreibung und Definition der Torsion stammt von dem französischen Botaniker Charles Martins aus dem Jahre 1857. Unter den umfassenden Untersuchungen, die bis heute vorliegen, sind die Arbeiten von Lucae (1865,66), Albrecht (1875), Broca (1881), Holl (1891), Matthews et al. (1893), Gegenbauer (1898, 1910), Le Damany (03), Braus (06, 29) Grunewald (19), C.P. Martin (33), Chillida (43), Evans und Krahl (44, 45) und Krahl (44, 45, 47, 77) zu nennen.

Übereinstimmung bezüglich der Definition der Torsion, der Bezugsachsen, der Richtung der Verwringung, ihrer Lokalisation am langen Röhrenknochen, ihrer phylo- und ontogenetischen Entwicklung und ihrer Gründe besteht nicht.

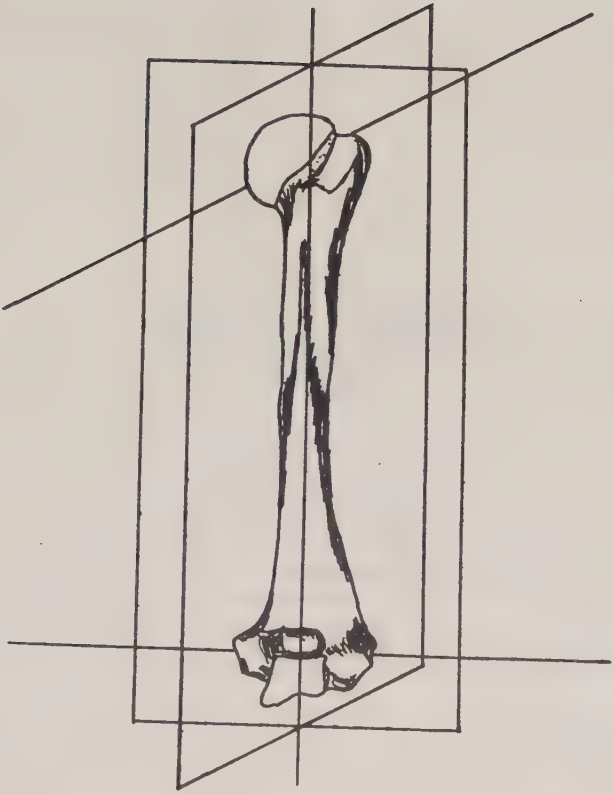


Abb.8: Darstellung der Ebenen durch die proximale und distale Bezugslinie am Humerus

2.1.2.2. Definition der Humerusrotation

Die Rotation des Humerus ist ein Vorgang, der, bedingt durch die Veränderung der Form von einem eher tiefen, schmalen zu einem mehr flachen, breiten Thorax und

damit der Verlagerung der Scapula von der Seite auf den Rücken, eine Drehung des gesamten Humerus um ca. 90° bewirkt. Dieser Prozeß, der im Rahmen der fetalen und postnatalen Entwicklung stattfindet und sich mit der Torquierung des Humerus zeitlich überschneidet (Krahl 45), verleiht der gesamten oberen Extremität eine andere Richtung.

2.2.1 Meßmethoden am Humerus

2.2.1.1 Festlegung der Achsen

Zur anatomischen Winkelbestimmung sind verschiedene Methoden angegeben, die im folgenden beschrieben werden. Ihnen gemeinsam ist die Festlegung der Achsen außerhalb des Knochens mittels angelegter Nadeln (Duerst 30, Martin 29, Martin/Saller 57) oder ausgespannter Fäden (Abderhalden 30, Martin/Saller 57, Gieseler 24). Zum Teil wurden die Achsen auch mit Bleistift direkt auf die Knochen aufgezeichnet oder ohne diese Hilfsmittel direkt abgelesen (Abderhalden 30, Evans/Krahl 45, Krahl 45,47, Gieseler 24).

Parallelität der außen angelegten zur jeweils definierten Achse innerhalb des Knochens wird durch Augenschein hergestellt; die so dargestellten Hilfsachsen müssen wiederum optisch abgelesen oder übertragen werden.

2.2.1.2 Tropometer nach Broca

Broca (1881) benutzt zur Torsionsbestimmung ein Tropometer.

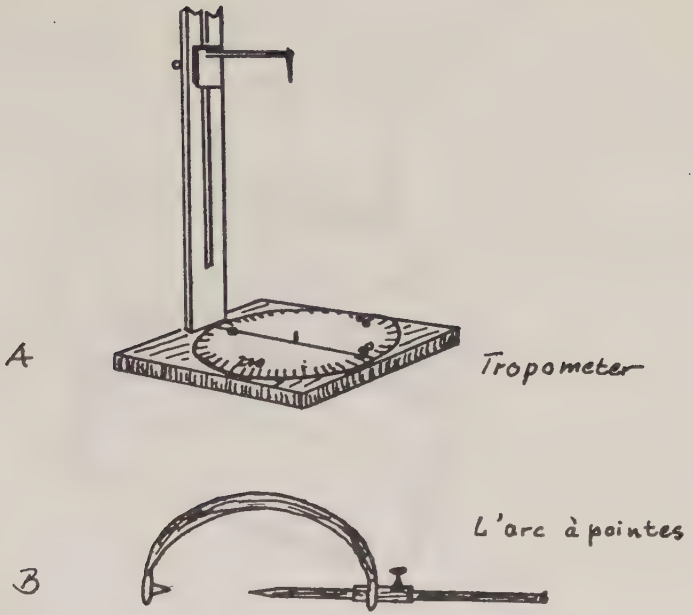


Abb.9: In das Tropometer (A) wird der Humerus mit dem Kopf nach oben so eingespannt, daß die Schaftachse senkrecht steht. Das von Broca "L' arc à pointes" genannte Gerät (B) dient zur Projektion der Achsen außerhalb des Knochens. Der Winkel wird durch Blick von oben auf den Winkelmesser in der Bodenplatte abgelesen.

2.2.1.3 Knochenmeßbrett nach Ried

Gieseler (1924) verwendet das Knochenmeßbrett nach Ried.

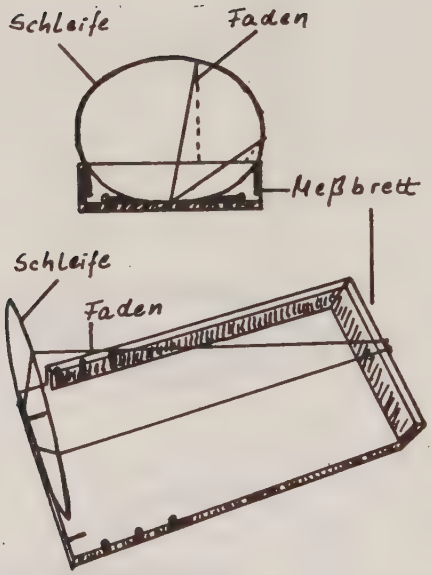


Abb.10: In das Knochenmeßbrett nach Ried wird der Knochen waagerecht eingelegt, so daß sich der distale Anteil an der Rückwand des Brettes befindet. Über eine Stahlschleife, die sich senkrecht zum Meßbrett an dessen Stirnseite befindet, sind zwei Fäden gespannt, deren freie Enden zur Rückseite laufen und dort beschwert sind. Mit diesen werden vorher am Knochen markierte Achsen zur Deckung gebracht, der Winkel zwischen den Fäden mit einem Winkelmesser abgelesen.

2.2.1.4 Hippogoniometer nach Duerst

Duerst beschreibt in Abderhalden (1930) ein von ihm

Hippogoniometer genanntes Gerät, mit dem er die Torsion bestimmt.

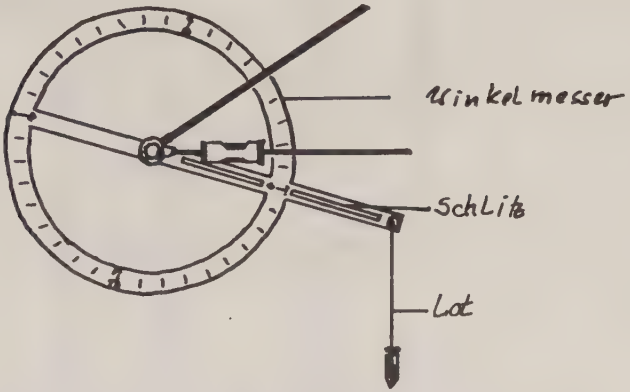


Abb.11: Bei Verwendung des gezeigten Hippogoniometers wird eine der vorher am Knochen markierten Achsen durch den Schlitz des einen Schenkels und die andere mit dem beweglichen Schenkel anvisiert und der Winkel abgelesen.

2.2.1.5 Torsiometer nach Krahl

Evans und Krahl messen mit Hilfe eines von Krahl (44) entwickelten Torsiometers, das auf die Länge des Objektes eingestellt wird.

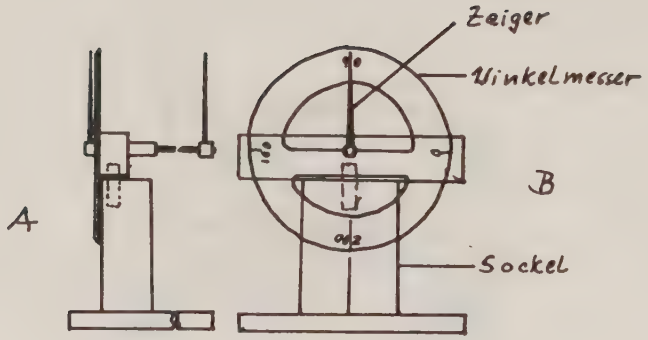


Abb. 12: Die Abbildung zeigt das Torsiometer von Krahl in Seiten- (A) und Vorderansicht (B). Der Humerus wird waagerecht in das Gerät eingelegt, die Achsen mit den Zeigern zur Deckung gebracht und der Winkel zwischen beiden am Winkelmesser abgelesen.

2.2.1.6 Parallelograph nach Martin/Saller

Martin/ Saller (29,57) benutzen zur Torsionsbestimmung einen Parallelographen, mit dem die durch aufgeklebte Stahlnadeln bestimmten Achsen abgegriffen und der Winkel zeichnerisch ermittelt werden kann.

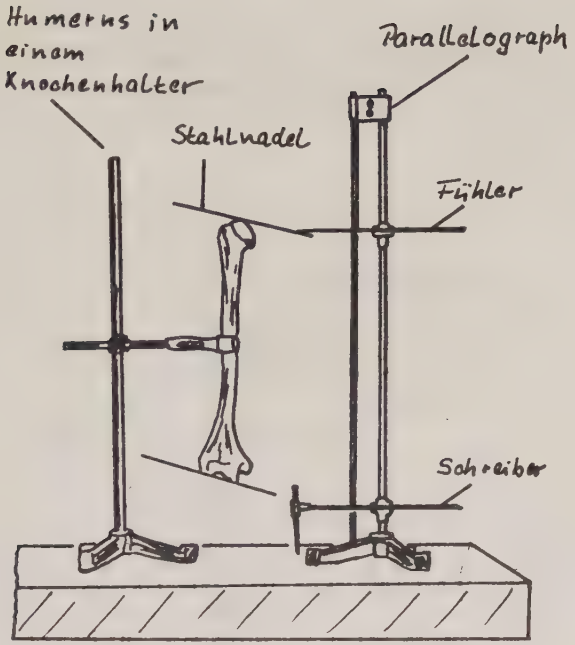


Abb. 13: Bei Benutzung des Parallelographen werden die zu messenden Achsen mit Stahlnadeln markiert, der Humerus in den Knochenhalter eingespannt, die Achsen nacheinander mit dem Fühler abgegriffen und jeweils zwei Punkte einer Achse mit dem Schreiber auf ein untergelegtes Blatt übertragen. Den nach Verbinden der Punkte zwischen den Linien gebildeten Torsionswinkel liest man mit einem Winkelmesser ab.

2.2.2 Meßmethode an der Scapula

2.2.2.1 Goniometer nach Martin und Mollison

Zur Bestimmung der Pfannenneigung der Scapula finden entweder das Martinsche Goniometer (Martin 29) oder das Ansteckgoniometer nach Mollison (Mollison 17) Verwendung.

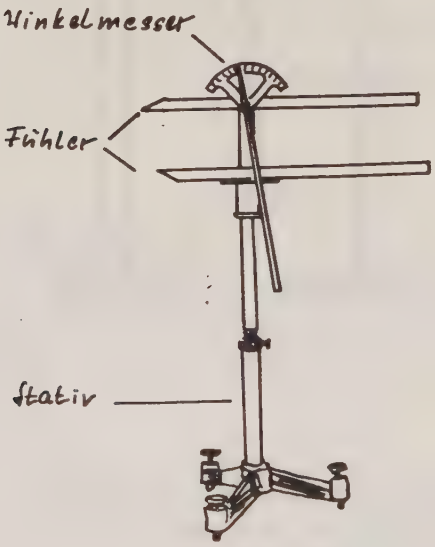


Abb. 14: Beim Martinschen Goniometer wird der obere Fühler an den oberen und der untere an den unteren Rand des zu messenden Objekts gebracht; da der untere Fühler den verlängerten caudalen Zeigeranteil mitnimmt, zeigt dessen Spitze die entsprechenden Winkel an.

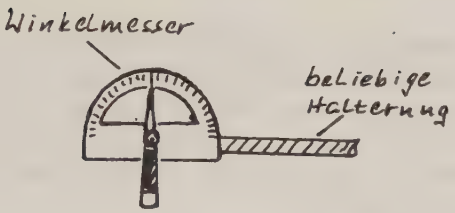


Abb. 15: Das Mollison-Goniometer wird an einen beliebigen Träger mit feststehenden Branchen angesteckt, mit dem dann gegeneinander verschobene Ebenen abgegriffen werden. Bei waagerechtem Stand des Objekts zeigt das Gerät den entsprechenden Winkel an, da der Zeiger, der Schwerkraft entsprechend, senkrecht bleibt.

2.2.3. Wahl der Achsen

Seit den Arbeiten von Evans und Krahl in den vierziger Jahren ist die Feststellung von Duerst (in Abderhalben 30) :" ... es ist denn auch buchstäblich unmöglich, Zahlen, die ein Autor angibt, mit denjenigen eines anderen mit völliger Sicherheit zu vergleichen ..." zu relativieren.

Vielfältigkeit ergibt sich aber durch Meßmethode (vergl. S. 20 ff) und Wahl der Bezugslinien.

2.2.3.1 Die proximalen Achsen

Proximale anatomische Achsen sind überwiegend Kopf-Hals - Tuberculum majus - Achsen, und zwar
- die Linie durch die Mitte des Planum supraspinatum tuberculi majoris und die medial nach unten prolongierte Lippe des Caput anatomicum humeri (Gegenbauer 1868, Duerst in Abderhalden 1930),

- eine Linie durch die Grenze der Ansätze von M. supra- und infraspinatus am Tuberculum majus und die Humeruskopfmitte (Evans/Krahl 45, Krahl 45, 47),
- eine Linie vom Tuberculum majus über die Gelenkfläche dergestalt, daß sie diese in zwei Hälften teilt (Martin/Saller 57).

Lediglich Gray's Anatomy (65) gibt als Definition die Längsachse durch das Zentrum des Gelenkkopfes an.

2.2.3.2 Die distalen Achsen

Distal wird die Achse durch die Epicondylen (Broca 1881, Gegenbauer 1868, Gray's Anatomy 1965, Mukherjee/Sivaya 1967, Saha 1978), in der Mehrzahl die Gelenkachse verwendet (Martins 1857, Lucae 1865, Broca 1881, Gieseler 1924, Duerst in Alderhalden 1930, Evans/Krahl 45, Krahl 45, 47, Martin/Saller 57).
Bei Broca, der beide Achsen benutzt hat, ergibt sich zum Beispiel hierdurch eine mittlere Winkeldifferenz von 6^{o}.

2.2.3.3 Der Torsionswinkel

Der Winkel, der durch die Schnittlinien beider Ebenen und damit auch der Achsen durch den Hals und die Epicondylen entsteht, ist der Torsionswinkel. Die Angabe der Maßzahl als stumpfer, spitzer oder sonstiger Winkel sollte den Ausgangspunkt der Torsionsentwicklung (vergl. S.34) implizieren.

2.2.3.4 Schwierigkeiten der Messung

Anforderungen an die Methode zur Bestimmung des Torsionswinkels sind Exaktheit und Reproduzierbarkeit (Martin/Saller 57).

Die Erfüllung dieser Forderungen ist besonders bei der Bestimmung der Humerustorsion erschwert. So ist die Bestimmung der Kopf - Hals - Achse sehr dem subjektiven Einfluß des Untersuchers unterworfen, da die Meßstrecke sehr kurz ist (Gelenkflächenmittelpunkt-Tuberculum majus), die definierten Punkte schwierig aufzusuchen sind und, wie schon erwähnt, die so ermittelte Achse vor dem Ablesen außerhalb des Knochens als parallele Linie darzustellen ist.

Eine weitere Vereinfachung erfolgt dadurch, daß in der Literatur die Möglichkeit einer Version des Humeruskopfes außer acht gelassen wird.

2.3 Phylo- und ontogenetische Entwicklung

2.3.1 Existenz der Torsion

Einigkeit besteht in der neueren Literatur darüber, daß es eine Torsion des Humerus gibt (Martins 1857, Gegenbauer 1868, Lucae 1865, Broca 1881, Le Damany 1903 Grunewald 1919, Martin 1933 und andere).

Le Damany (1903), Broca (1881), Martin (1933) und Saha (78) glauben, sie sei nur auf die Primaten beschränkt.

Albrecht (1875) und Holl (1891) negierten eine Torsion des Humerus. Albrecht ordnete die Drehung der oberen Extremität dem Vorderarm zu.

2.3.2 Primäre und sekundäre Torsion

Die wohl umfangreichste Studie über die phylo- und ontogenetische Entwicklung stammt von Evans und Krahl aus dem Jahre 1945. Sie untersuchten über 400 Humeri von insgesamt 32 Arten von Amphibien, Reptilen und Säugetieren. Mit einigen Ausnahmen entstammten ihre Tiere der direkten entwicklungsgeschichtlichen Reihe vom Fisch zum Menschen (Evans/Krahl 45).

Nach ihren Messungen erscheint die Torsion des Humerus schon bei den frühesten Arten dieser Reihe und setzt sich - mit zwei Ausnahmen, den Lemuren und Macaca - mit, entsprechend dem heute anerkannten Ausgangspunkt, kontinuierlich abfallenden (Winkel ß, s. S. 34) Werten bis zum Menschen fort, der einen durchschnittlichen Torsionswinkel von 15,6° aufweist. Außer diesem evolutionären ist darüberhinaus ein ontogenetischer, sekundärer Prozeß an der Torsionsentstehung beteiligt. Dieser zweite Faktor ist nach Evans und Krahl ein funktioneller, bedingt durch den Zug bestimmter Schultermuskeln.

2.4 Theorien über die Lokalisation der Torsion

2.4.1 Diaphyse

Von der Annahme, daß die Torsion in der Diaphyse stattfindet, gehen Martins (1857), Gegenbauer (1868), Le Damany (1903), Howell (1939), Saha (1971) und andere aus. Als Beweis hierfür wird die spiralig um den Humerusschaft verlaufende Rinne des N. radialis angesehen. Grunewald (1919) zeigte, daß die Radialisrinne schon vor dem ersten Auftreten der Torsion nachweisbar ist.

2.4.2 Epiphysen

Torsionsprozesse finden theoretisch am ehesten in Wachstumszonen, hier der proximalen oder distalen Epiphyse, statt.

2.4.2.1 Distale Epiphyse

Die distale Epiphysenfuge kommt nach Krahl (1947) hierfür nicht in Betracht. Sie ist nämlich schon geschlossen (etwa um das 14. bis 15. Lebensjahr) zu einem Zeitpunkt, zu dem nach seinen Messungen die Entwicklung der Torsion noch nicht abgeschlossen ist.

2.4.2.2 Proximale Epiphyse

Im Bereich der proximalen Epiphyse findet ein drei- bis fünffach stärkeres Knochenwachstum als in der distalen statt (Mainland 1933).

Als Hinweis für den Prozeß der Torquierung hier fand Krahl:

- Die spiralige Rinne des N. radialis ist ein kombinierter Effekt aus Druckatrophie durch den Nerven selbst und Zughypertrophie der den Kanten der Rinne lateral und medial anliegenden Bäuche des M. biceps brachii.
- Die ontogenetische Torsion hat mit etwa sieben Jahren die Hälfte ihres endgültigen Wertes erreicht; zu diesem Zeitpunkt ist noch keine Radialisrinne erkennbar.
- Der Winkel einer Radialisrinne, die in Abhängigkeit von der Verwringung des Humerus entstanden ist, muß proportional dem Torsionswinkel sein. Dies ist nicht der Fall (Krahl 1947).
- Wenn eine Torsion in der Diaphyse stattfände, müsse sie auch im späteren Leben weiter fortschreiten.
- Ein notwendiges Widerlager für torquierende Kräfte fände sich am ehesten in den Schultermuskeln.
- Das Periost, dem in der Zone besonderer Weichheit große Bedeutung für die Stabilität des Knochens zukommt, erlaubt ohne Zerstörung seiner Struktur eine Verwringung um etwa 5 - 10°. Zudem ist das Periost bei Jugendlichen und Kindern sehr fest mit der Diaphyse verwachsen, kann aber ohne Schwierigkeiten im Bereich des proximalen Humerus von diesem gelöst werden.
- Ein indirekter Beweis sei eine konische Struktur am proximalen Ende der Diaphyse, die von der proximalen Epiphyse kappenartig umfaßt wird. Sie ist unterschiedlich ausgeprägt, doch immer vorhanden. Als " Drehzapfen " erlaube sie so eine Torquierung ohne Abscherung.

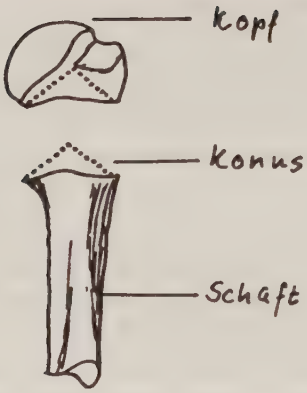


Abb.16: Rechter Humerus von hinten, Kopf und Schaft im Bereich der proximalen Wachtumszone getrennt; gestrichelt eingezeichnet die von Krahl gefundene konische Struktur.

Analoge Untersuchungen und Ergebnisse am Femur stammen von Le Damany (1906), der experimentell bei Kaninchen eine Torsion im Bereich der proximalen Epiphyse erzeugte. Außerdem fand er bei rachitischen Kindern, d.h. bei Kindern mit besonders weichem Knorpel, schon einen Torsionswinkel von durchschnittlich 120°.

Auch Grunewald (1919) beschreibt einen Zusammenhang von krankhaft erweichten Knochen und pathologischer Torsion.

Auf Erklärungsmöglichkeiten, die sich aus den Pauwelsschen Arbeiten ergeben, wird auf Seite 81ff eingegangen.

2.5 Richtung der Torsion

2.5.1 Richtung der Rotation

Eine Torquierung kann grundsätzlich nach lateral oder medial gerichtet sein.

In der Literatur werden Ausgangspunkt und Richtung der Humerustorsion kontrovers diskutiert.

Ist vor der auf Seite 19 beschriebenen Rotation der oberen Extremität die Streckseite lateralwärts gerichtet, die Beugeseite medialwärts und schaute der laterale Epicondylus nach vorne, so ist anschließend das Verhältnis hergestellt, wie es beim Erwachsenen zu finden ist.

2.5.2 Richtung der Torquierung

Die Entwicklung der menschlichen Humerustorsion erfolgt dergestalt, daß sich das distale Ende des rechten Oberarmes gegen und das distale Ende des linken Oberarmes im Uhrzeigersinn dreht. Für beide Seiten gilt, daß sich der Epicondylus lateralis auf einem Weg nach vorn befindet. Die Rotation des gesamten Armes erfolgt in Gegenrichtung.

Phylogenetische Untersuchungen zeigten primitive Humeri, bei denen Tuberculum majus und Fossa coronoidea in die gleiche Richtung zeigen; das bedeutet, daß dabei die Ausgangsposition vor der des Menschen in Gegenrichtung der späteren Entwicklung liegt.

Martins (1857), Gegenbauer (1868), Broca (1881), Lambert (1892), Hultkranz (1897) maßen den stumpfen Winkel α, Schmid (1873), Fick (1904) den spitzen Winkel β, Le Damany (1903), Strasser (1917), Evans und Krahl (1945) und Krahl (1945,1947) den Winkel γ. Dabei implizieren die Winkelangaben α und γ eine mediale Richtung der Torsion (siehe Abbildung 17).

Demzufolge ist der Torsionswinkel α die korrekte Angabe, da er die Rotation der gesamten oberen Extremität um 90° berücksichtigt.

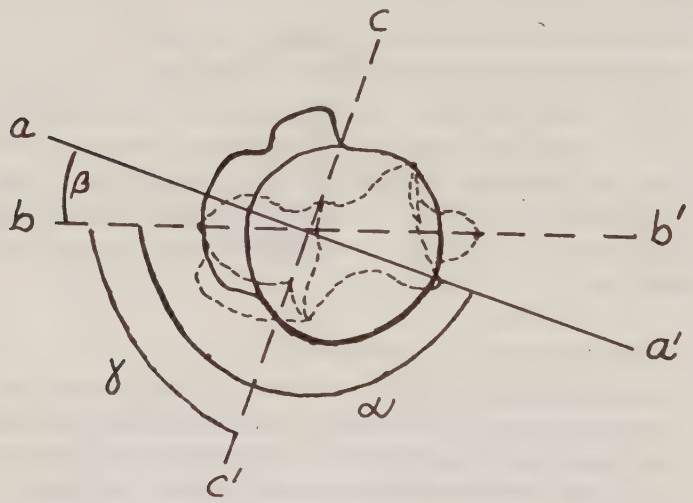


Abb.17: Die Zeichnung zeigt einen linken Humerus von oben. Die Linien a a' und b b' markieren die proximale und distale Achse, die Linie c c' die Ausgangsstellung vor der Torsion (nach Evans und Krahl 1945), jedoch unter Einbeziehung der Rotation von circa 90°.

2.6 Theorien über die Ursachen der Torsion

Le Damany (1903), Martin (1933), Evans und Krahl (1945), Krahl (1945, 1947) und andere nehmen an, daß die Einwirkung von Muskelkräften einen ursächlichen Einfluß auf die Entstehung der Verwringung eines Knochens hat.

Voraussetzung sei, daß der Ansatz der Muskeln so erfolgt,daß eine Kontraktion Drehkräfte freisetzt.

In den anatomischen Arbeiten wird dabei von direkt torquierenden aktiven, also gegensinnig wirkenden Muskelkräften, ausgegangen. Die Möglichkeit der Beeinflussung der Wachstumsfuge durch unterschiedliche Drücke an ihren entgegengesetzten Polen im Sinne von Pauwels (1951, 1960, 1961), an die im Analogschluß zu denken wäre, wird nicht erwogen.

Hierdurch wäre auch die Ursache der phylogenetischen Torsion bei Positionsänderung des Schultergürtels erklärt, deren Ursachen bei Grunewald, Evans und Krahl und anderen nicht ausreichend diskutiert werden.

Nach Grunewald (1919) handelt es sich bei der Torsionsentstehung um zwei voneinander unabhängige Vorgänge, "... einen früh embryonalen, der die Glieder in die Stellung bringt, die sie im Leben einzunehmen bestimmt sind, teils Drehung, teils, wie an der oberen Extremität, Torsion und einem späteren, der nach der Vollendung des ersteren in der späteren Zeit des embryonalen Lebens beginnt, aber durch dieses hindurch fortdauert ... bis zum vollendeten Skelettwachstum."

Dieser spätere Prozeß sei ein funktioneller, das heißt, es erfolge eine Anpassung des Knochens an die Funktion des Humerus. Verantwortlich seien dafür starke Muskeln wie der M. pectoralis major und der M. latissimus dorsi, die als Einwärtsrotatoren am Schaft ansetzen sowie die Außenrotatoren, die am proximalen Humerusende angreifen und mit kontinuierlichem Zug ihrer Eigenelastizität - nicht willkürlich - den Humerus torquierten.

Ähnlich erklären auch Evans und Krahl (1945) und Krahl (1945, 1947) die Entstehung der Torsion.

Sie unterscheiden eine primäre, auf Erbfaktoren beruhende, und eine sekundäre ontogenetische Torquierung.

Der ontogenetische Faktor beruhe auf dem Einfluß entgegengesetzt wirkender Muskeln, von denen ein Teil jeweils unterhalb beziehungsweise oberhalb der Torsionszone angreift. Unterhalb der proximalen Epiphyse setzen die Innerotatoren (Mm. teres major, latissimus dorsi und pectoralis major) an, oberhalb die kurzen Außerotatoren. Dazu zählen die Mm. supraspinatus, infraspinatus, teres minor und subscapularis.

Auch Murray (1936) geht von einem erblichen und einem funktionellen Faktor (Muskelzug) aus, wobei der erstgenannte eine determinierende Funktion haben soll.

Diese Ansicht deckt sich mit der von Wermel (1935) experimentell aufgestellten Theorie, daß der Knochen ein Abbild von Muskelmasse und -kraft sei, das heißt, daß Knochenwachstum von entsprechender Belastung beeinflußt werde.

2.7 Abhängigkeit der Torsion von verschiedenen Faktoren

2.7.1 Konstitutionelle Unterschiede

Krahl (1947) fand eine starke Korrelation zwischen der Muskelmasse der Armrotatoren und dem Torsionswinkel.

Nach Fick (1910) besteht eine direkte Beziehung zwischen Muskelmasse und -kraft.

Grunewalds Untersuchungen (1919) bestätigen diesen Zusammenhang zwischen Körperbau, Muskelmasse und Torsionswinkel. Lambert (1892) fand den Torsionswinkel der Dicke des Humerus im Bereich des Ansatzes des M. deltoideus direkt proportional.

2.7.2 Rassische Unterschiede

In der Literatur finden sich Mitteilungen über die Humerustorsion bei Angehörigen verschiedener Rassen und Nationen sowie auch Unterschiede innerhalb derselben in verschiedenen entwicklungsgeschichtlichen Phasen. Sie sind in der folgenden Übersicht zusammengefaßt und als Winkel ß (vergleiche S. 34) angegeben.

	Krahl/ Evans	Martin/ Saller	Wilder/ Ray/Bose	Broca	Gegenbauer
Deutsche	12,9	36,1	-	-	12,0
Amerikaner weiß Neuzeit	15,6	-	-	-	-
Amerikaner schwarz Neuzeit	17,4	-	-	-	-
Amerikaner Antike	16,8	-	-	-	-
Franzosen Neuzeit	3,2	28,5	16,0	16,0	-
Franzosen Neolith	-	-	27,7	-	-
Österreicher Antike	11,5	-	-	-	-
Schweizer Antike	-	-	19,0	-	-
Engländer Antike	20,6	-	-	-	-
Inder	-	-	30,0	-	-
Chinesen	-	35,8	33,3	-	-

Übers. 1: Winkelangaben verschiedener Untersucher

2.7.3 Geschlechtsabhängige Unterschiede

Torsionsunterschiede innerhalb der Geschlechter finden sich in der Literatur nicht für alle Rassen.

Bei Messungen an amerikanischen Negern fand Krahl (1947) bei Frauen einen kleineren Winkel als bei Männern. Auch bei Weißen, unabhängig von Nationalitäten, fand Krahl überwiegend bei den Frauen einen kleineren Torsionswinkel als bei den Männern (vergl. Übers. 2)

	rechts	links
Männer	11,9	15,3
Frauen	6,0	9,5

Übers. 2: Geschlechtsspezifische Winkelunterschiede und Seitenabhängigkeit der Torsion bei Deutschen (nach Krahl 47); Winkelangabe in ß

Grunewald (1919) findet bei deutschen Frauen einen kleineren Torsionswinkel auf der linken Seite als bei Männern; rechts fand er keine Unterschiede. Er vertritt jedoch nicht die Ansicht anderer Autoren, daß dies von einer größeren Festigkeit des männlichen Knochens herrührt, da bei den Männern auch größere Muskelkräfte wirken.

Im Untersuchungsgut von Broca finden sich kleinere Torsionswinkel bei Frauen als bei Männern.

2.7.4 Seitenunterschiede

Seitenunterschiede der Werte des Torsionswinkels werden von verschiedenen Untersuchern angegeben.

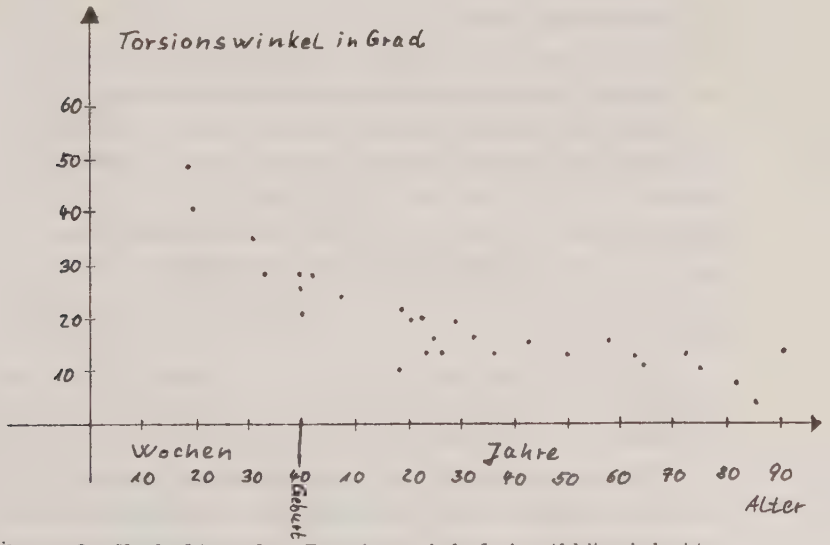
Broca (1881) findet die kleineren Torsionswerte auf der linken Seite. Auch nach Grunewald (1919) zeigt der linke Humerus beim Menschen durchschnittlich eine kleinere Torsion als der rechte.

Krahl (1947) findet, daß der längere Humerus gewöhnlich auch der mit der geringsten Torsion ist. Dabei geht er davon aus, daß der längere Humerus normalerweise der am stärksten beanspruchte ist. (vergl. Übers. 2)

2.7.5 Altersunterschiede

Die beste Korrelation aller untersuchten Parameter zum Torsionswinkel zeigt das Alter der Probanden.

Bei den Messungen von Evans und Krahl (1945) nehmen die Werte vom dritten Fetalmonat bis etwa zum zwanzigsten Lebensjahr kontinuierlich ab, um dann annähernd gleich zu bleiben. Die meisten Autoren bestätigen die Abnahme des Torsionswinkels im Laufe der Ontogenese (Broca 1881, Gegenbauer 1868, Martins 1857, Fick 1904, Grunewald 1919, Martin 1933, Rowe 1956, Saha 1971, 1978).



Übers.3: Verhalten der Torsionswinkel in Abhängigkeit vom Alter der Probanden (umgezeichnet nach Krahl (1947), Angabe des Winkels ß)

III Problemstellungen im Zusammenhang mit der Humerustorsion

1.1 Problem der Messung in vivo

Klinisch, das heißt nichtinvasiv am lebenden Patienten, ist eine absolute quantitative Bestimmung der Torsion nicht möglich.

Kann man beim Lebenden die distale Bezugsachse noch gut "begreifen", wenn man die Achse durch die Epicondylen wählt, so ist es selbst bei sehr schlanken Individuen unmöglich, die Halsachse zu bestimmen aufgrund ihrer anatomischen Lage im Polster der Muskeln und der Gelenkkapsel.

Ein verstärkter Torsionwinkel ist klinisch nur abschätzbar und von orientierender Bedeutung.

1.2 Fehlende Normwerte

Anatomische Messungen der Torsion liegen vor, individuelle Unterschiede wurden schon erwähnt (s.S. 36 ff). Die in-vitro Messungen können bisher nicht zu in-vivo Messungen in Korrelation gebracht werden.

Nach den Angaben der Literatur ist anzunehmen, daß auch für die heutige deutsche Bevölkerung eigene Normalwerte existieren. Untersuchungen hierüber liegen nicht vor.

1.3 Klinische Relevanz

Die klinische Relevanz der Humerustorsion bezüglich noch zu diskutierender pathogenetischer Faktoren der habituellen Schulterluxation erscheint besonders wichtig für die Altersgruppe des Jugendlichen und jungen Erwachsenen. Diesbezügliche Zahlen liegen nur vereinzelt vor (Evans und Krahl 1945, Krahl 1945, 1947).

1.3.1 Pathogenetische Einflüsse der Humerustorsion

Ein pathogenetischer Einfluß einer vermehrten oder verminderten Humerustorsion wird bei zwei Krankheitsbildern angenommen, der Schulterluxation, besonders in ihrer rezidivierenden Form, und der Periarthritis humeroscapularis (De Palma 1950, Rowe 1956,61, Saha 1967, 69, 71, 78, Debevoise 1971, Weber 1971, Hovelius 1978, Timm 1965).

1.3.1.1 Einfluß auf Periarthritis humeroscapularis

Die fortschreitende Industriealisierung und Mechanisierung der Arbeitswelt sowie das Anwachsen der an Schreibtischen ausgeübten Berufe führt zu einer Zunahme der Tätigkeiten, bei denen eine am Arbeitsplatz fixierte Position eingenommen werden muß. Dadurch findet eine überwiegende Tätigkeit der oberen Extremität nur noch in einem Teil des möglichen Bewegungsumfanges statt. Das bedingt eine einseitige Belastung.

Timm (1965) geht davon aus, daß die Hand und damit die Ellenbogenachse bei Tätigkeit im Grunde am Arbeitsplatz fixiert sei. Demzufolge müßte dann eine größere Retrotorsion, also Rückwärtsdrehung des Oberarmkopfes, eine Spannungsänderung der Schulterrotatoren zur Folge haben und für die Periarthritis humeroscapularis mindestens prädisponierend wirken.

1.3.1.2 Einfluß auf die Stabilität des Schultergelenks

Rowe (1961) nennt elf Faktoren, die ursächlich an der Entstehung der rezidivierenden Schulterluxation beteiligt seien; darunter finden sich unter anderem das Alter des Erstluxation (je früher sie stattfindet, desto wahrscheinlicher sei ein Rezidiv) und die Humerustorsion.

1.3.1.3 Optimale Torsion

Saha (1971,78) und Das (1965) sehen in einer optimalen Torsion des Humerus einen wichtigen Stabilitätsfaktor des Schultergelenks. Vermehrte Torsion induziert nach ihren Angaben eine hintere, verminderte Torsion eine vordere Instabilität.

1.3.1.4 Neigung der Gelenkpfanne

Ein weiterer Stabilitätsfaktor ist die Neigung der Gelenkfläche der Scapula.

Zumindest phylogenetisch scheint eine Korrelation von Humerustorsion und Pfannenneigung zu bestehen, wenn bei Affen mit größerem Verkehrsraum der oberen Extremität im Zusammenhang mit einer vermehrten Torsion und der daraus resultierenden Instabilität eine Tendenz zur Entwicklung der Retroversion der Schulterblattgelenkpfanne besteht. Dies ist als ein natürlicher Schutz vor Luxationen in der kritischen Position des Schultergelenks zu verstehen.

Schulterluxationen nach vorne überwiegen bei weitem; nach hinten erfolgen sie nur selten (0,9% Biebl 1935, 1,5% Wilson 1949, 3,8% Mc Laughlin 1952, 2% Rowe 1956).

1.3.2 Therapeutisches Problem

1.3.2.1 Rotationsosteotomien nach Weber und nach Saha

Rotationsosteotomien zur Behandlung der rezidivierenden Schulterluxation haben Saha et al. 1967 und B.G. Weber 1971 beschrieben. Dabei wird der Humerusschaft waagerecht durchtrennt und soweit gegeneinander verdreht, bis eine optimale Torsion resultiert.

Der Sinn der Weber'schen Osteotomie besteht darin zu verhindern, daß die Hill-Sachs-Läsion - eine dorsocraniale Impressionsfraktur des Humeruskopfes in der Folge der Schulterluxation - durch Einrasten am Vorderrand des Schultergelenkes den Luxationsmechänismus des Rezidivs einleitet.

Die von Saha vorgeschlagene Osteotomie bezieht sich lediglich auf die pathologische Torsion des Humerus.

Zur Stellung ihrer Indikation sind Kenntnisse über die Normalwerte erforderlich.

IV Eigene Messungen

1 Untersuchungsgut

1.1 Alters-, Geschlechts- und Seitenverteilung

Insgesamt wurden 173 Humeri vermessen, die von 89 Leichen stammten, davon waren 60 männlich und 29 weiblich. Alle waren deutscher Abstammung.

Die folgenden Übersichten geben Aufschluß über das Untersuchungsgut:

	männlich			weiblich		
	rechts	links	gesamt	rechts	links	gesamt
Anzahl der Humeri	59	57	116	29	28	57

Übers.4: Zahl und Seitenverteilung der Humeri

	männlich			weiblich		
	Jüngster	Ältester	$\bar{x}$	Jüngste	Älteste	$\bar{x}$
Alter der Probanden	1 Mon.	94 J	41,0	2 Mon.	86 J	46,0

Übers.5: Altersübersicht der Probanden

	männlich			weiblich		
	rechts	links	gesamt	rechts	links	gesamt
Neigung und Diameter der Scapula (Anzahl)	27	27	54	14	14	28
	32	31	63	15	14	29

Übers.6: Anzahl der Scapulae, an denen Neigung und Diameter der Gelenkfläche untersucht wurden

1.2 Thoraxform

Die Einteilung der Thoraxform erfolgt inspektorisch in drei Gruppen: Phtisischer/leptosomer Thorax, Normalthorax und Faßthorax.

Auf Umfangsmessungen mußte wegen des inhomogenen Untersuchungsgutes verzichtet werden.

1.3. Händigkeit

Da anamnestische Angaben fehlten wurde versucht, aufgrund äußerer Merkmale auf die Händigkeit zu schließen. Dazu dienten die Einschätzung der Muskelmasse beziehungsweise -kraft besonders an Unterarm und Hand, Beschwielung, Nikotinfärbung der Finger und andere Auffälligkeiten.

1.4 Defekte

Ausgeschlossen werden sollten Schultergelenke mit Hinweisen auf eine stattgehabte Schulterluxation. Deshalb wurde besonders geachtet auf Defekte an Humeruskopf (im Sinne eine Hill-Sachs Läsion), Scapula (im Sinne einer Nicola-Läsion), die, je nach Autor, in erheblichem Umfang bei Schulterluxationen gefunden werden. Hill/Sachs fanden die nach ihen bezeichnete Läsion bei 27% Erstluxationen und 74% Rezidiven (1940). Rowe (1956) berichtet von 57% Humeruskopfdefekten und 90% Bankart-Läsionen bei der habituellen Schulterluxation im eigenen Krankengut.

2 Methode

2.1 Humerus

2.1.1 Bezugsachsen zur Torsions/Versionsbestimmung

Zur Bestimmung der Humerustorsion werden in dieser Arbeit folgende Bezugsachsen verwendet:

2.1.1.1 Die distale Bezugsachse

Distal die Epicondylenlinie, die Achse durch medialen und lateralen Epicondylus. Sie ist wegen besserer Festlegung ihrer Endpunkte anderen Achsen vorzuziehen, in vivo bestimmbar, entspricht üblichen anatomischen Methoden und ist durch Angaben in der Literatur zur Gelenkachse in Beziehung zu setzen.

2.1.1.2 Die proximalen Bezugsachsen

Proximal zum ersten die überwiegend verwendete Achse durch Kopfmittelpunkt und Grenze von M. supra- und infraspinatus am Tuberculum majus, die bei unseren Messungen als KOPF - HALS - ACHSE (KHA) bezeichnet wird (vergleiche Seite 27).

Zum zweiten eine auch röntgenologisch bestimmbare Achse im Winkel von 90° zur Knorpel- Knochengrenze. Sie gibt nach gegebener Definition (vergleiche Seite 18) die VERSION des Kopfes (V) wieder, die bei Betrachtung eines Humerusprăparates vorhanden scheint.

Zum dritten die Achse des Oberarmhalses analog den Verhältnissen am Hüftgelenk als Voraussetzung jeglicher Bestimmung der Version, hier als HALSACHSE (HA) bezeichnet.

Am mazerierten Humerusprăparat wird beim Blick nach proximal etwas unterhalb des Kopfes an der Übergangsstelle vom Schaft zum caudalen Rand der Kopfgelenkfläche hin ein mehr oder weniger ausgeprägtes Stück des Halses sichtbar. Dies ist mit einer Längsaus-

dehnung von mehr als einem Zentimeter wesentlich größer als der craniale Anteil. Ersteres wurde mit dem unten beschriebenen Gerät abgegriffen und gemessen.

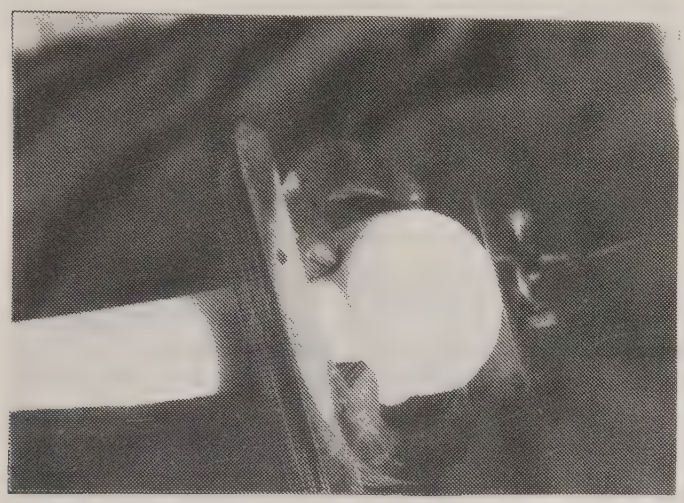


Abb.18: An der caudalen Übergangsstelle vom Schaft zum Kopf erkennt man am mazerierten Humeruspräparat beim Blick nach proximal ein relativ umfangreiches Stück des Halses. Auf dem Bild ist bereits das Gerät zur Halsachsenbestimmung dort angelegt.

Zur Bestimmung der Version wurde das Gerät zu Halstorsionsbestimmung modifiziert, so daß die Knorpel-Knochengrenze abgreifbar wird. Die Version wird dann durch Subtraktion ermittelt.

Alle gemessenen Winkel werden aus praktischen Gründen als spitze Winkel ß angegeben (siehe Seite 34).

Die normale Entwicklung erfolgt in dem Sinne, daß der Winkel ß abnimmt. Die bekannte Nomenklatur am Femur auf den Humerus übertragen bedeutet: Eine geringe Retrotorsion hat einen kleinen Winkel ß, eine ausgeprägte Retrotorsion einen großen Winkel ß.

2.1.2 Dicken- und Längenmessung

Die Dicke des Humerus wurde sowohl von vorne als auch seitlich mit Hilfe einer Schieblehre in der Mitte des Ansatzes des M. deltoideus gemessen.

Die Längenmessung erfolgte mittels eines Stahlmaßbandes.

2.2 Scapula

2.2.1 Bezugsachsen für die Bestimmung der Abkippung der Scapulagelenkfläche

Zur Untersuchung der Abkippung der Scapulagelenkfläche wurde des Schulterblatt in einer eigens konstruierten Vorrichtung eingespannt dergestalt, daß die durch drei Punkte der Scapula gehende Ebene waagerecht ist.
Diese drei Punkte sind:

- Der untere Schulterblattwinkel
- Die Mitte des transversalen Pfannendurchmessers (ermittelt als Maximaldistanz zwischen dem am meisten vorn und am meisten hinten gelegenen Punkt des Pfannenrandes)
- Der Schnittpunkt zwischen der verlängerten Hinterkante der Spina mit der medialen Schulterblattkante

2.2.2 Die Messung des Winkels mit dem Mollison'schen Goniometer

Gemessen wurde der Neigungswinkel der Pfanne gegenüber der oben definierten Ebene. Dazu diente ein Goniometer nach Mollison (siehe Seite 26) an einer herkömmlichen Schieblehre zum Abgreifen des vorderen und hinteren Pfannerandes. So ist ein direktes Ablesen des Winkels bei waagerechter Scapula möglich.

Diese invasive Meßmethode wurde aus ethischen Gründen nur bei den zu Untersuchenden aus dem Anatomischen Institut benutzt.

3 Meßgeräte

3.1 Das Meßbrett

Als Grundgerät, in das der Humerus zur Messung reproduzierbar eingespannt wurde, diente ein wie folgt konstruiertes Meßbrett:

Den Bodenteil bildet ein 60 x 20 Zentimeter großes Brett mit einer Stufe zum proximalen Drittel. Auf dem erhöhten Teil des Brettes sind zwei würfelförmige Holzklötze angebracht, die einzeln längsverschiebbar in Führungsleisten laufen.

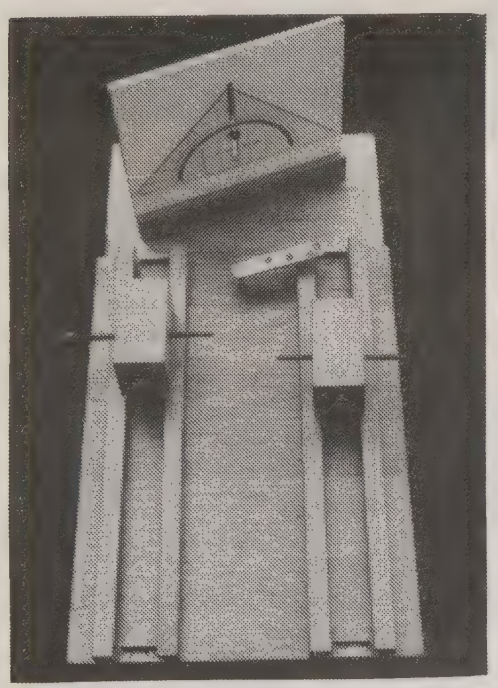


Abb.19: Das Meßbrett

In Würfelmitte ist eine querverlaufende Bohrung angebracht, in der je eine dünne Gewindestange formschlüssig verläuft. Diese ist an der Innenseite spitz und hat außen einen Drehgriff zum Adjustieren. Kurz vor der Abbruchkante des erhöhten Brettanteiles findet sich mittig eine Bohrung, in der ein Bolzen mit aufgelöteter Platte höhenverstellbar sitzt. Auf dem niedrigen Teil des Brettchens findest sich der Winkelmesser in einer in allen Raumachsen verstellbaren Hilfskonstruktion zur Justierung auf die Längsachse des eingelegten Präparates.

3.2 Die Vorrichtung zur Bestimmung der Halsachse

Die Vorrichtung zur Bestimmung der Halsachse wurde folgendermaßen konstruiert:

3.2.1 Beschreibung der Konstruktion

Zwanzig C - förmige, 0,5 Millimeter dicke Schablonen wurden aus Bronzeblech gefertigt, an einem Ende perforiert und hier - im rechten Winkel auf einer dünnen Stahlnadel aufgefädelt - drehbar um diese befestigt, je zehn auf einer Seite, so daß sie wechselweise fingerförmig ineinanderfassen. Der von diesen Schablonen gebildete Kreis ist durch Zusammendrücken oder Auseinanderziehen den jeweiligen Verhältnissen des Humeruskopfes genau anzupassen. Bei sieben und fünf Uhr auf der der Stahlnadel gegenüberliegenden Seite des nach Ineinandergreifen gebildeten Kreises befinden sich fühlerförmige Erhebungen, mit denen die caudale Halsstruktur abgegriffen werden kann.

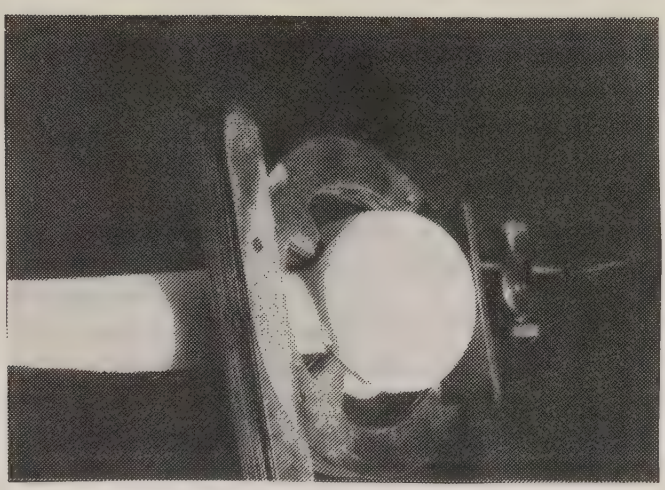


Abb.20: Das Gerät zur Halsachsenbestimmung ist angelegt. Durch die einzeln beweglichen Fühler gelingt eine genaue Anpassung an die Oberflächenstruktur des Halses und damit eine genaue Halsachsenbestimmung.

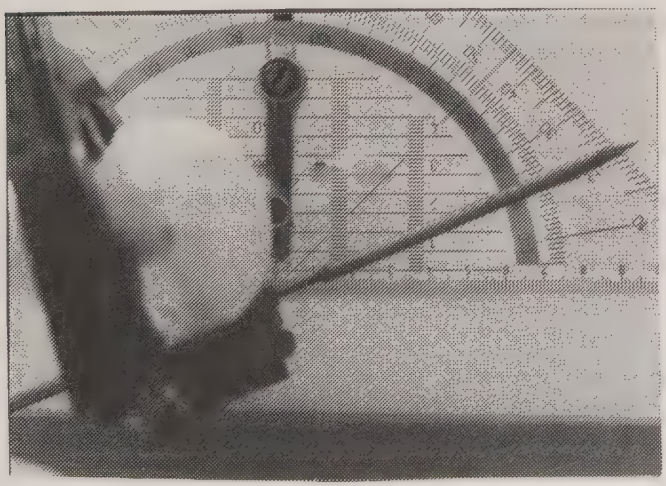


Abb. 21: Bei Fixierung und Justierung gemäß der u.a. Anleitung ist ein korrektes Ablesen des Winkels möglich.

3.2.2 Anleitung zur Benutzung

Wird das Gerät auf einen Humerus so aufgesetzt, daß die Schablonen rechtwinklig zur Valgität verlaufen und die Fühler die erwähnte caudale Halsstruktur abtasten, bildet die Stahlnadel eine parallelverschobene Achse durch den anatomischen Hals.

Wird der Humerus samt Achsenbestimmungsgerät mit den Epicondylen in den Würfeln des Meßgerätes fixiert und waagerecht einjustiert, so läßt sich nach Einstellung des Winkelmessers der Torsionswinkel ablesen. Dabei ist darauf zu achten, daß der Winkelmesser parallel zur Achse steht. Die dann beim Ablesen erfolgende Parallelprojektion der Achse in die Ebene des Winkelmessers eliminiert Ablesefehler in Form von Verzerrungen.

3.3 Die Vorrichtung zur Bestimmung der Version

Bei der Bestimmung der Version wird ähnlich verfahren. Nur besteht das Bestimmungsgerät aus drei Bronzeblechen ohne Fühler. Diese Konstruktion wird um die Grenze der Gelenkfläche gelegt. Dabei kann die Unregelmäßigkeit einzelner Abschnitte der Gelenkflächenbegrenzung ausgeglichen werden.

3.4 Die Vorrichtung zur Kopf - Halsachsenbestimmung

Zur Bestimmung der Kopf - Hals - Achse, wie sie von Evans und Krahl (1945) und anderen gemessen wurde, diente eine dünne Stahlnadel.

Nach Aufsuchen der Punkte, die zur Bestimmung dieser Achse nötig sind (siehe S. 27), wurde die Nadel als Verbindung zwischen diesen am Humeruskopf befestigt, der Humerus in das Meßbrett eingelegt und der Torsionswinkel abgelesen.

3.5 Die Vorrichtung zur waagerechten Fixierung der Scapula

Die Vorrichtung zur waagerechten Fixierung der Scapula hat folgendes Aussehen:

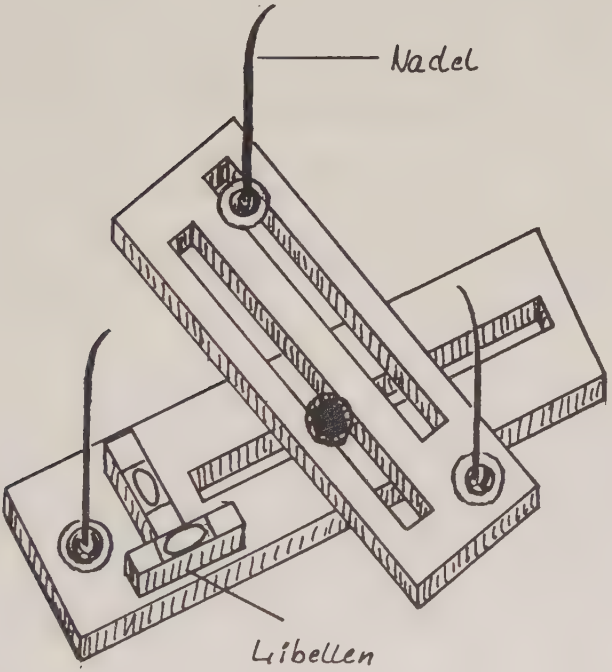


Abb. 22: Das Gerät zur waagerechten Fixierung von Schulterblättern verschiedener Größen:
Durch die Verschiebbarkeit der Brettchen gegeneinander und der einen Nadel auf dem oberen Brettchen gelingt eine Anpassung an die Ausmaße verschiedener Scapulae. Die genau abgestimmte Nadellänge und die Libellen garantieren waagerechten Stand.

Zwei schmale, kreuzweise gegeneinander verschiebbar gelagerte Brettchen sind an drei Enden mit je einer spitzen, oben leicht einwärtsgebogenen Sattlernadel versehen. Deren Länge ist so bemessen, daß die Ebene der Nadelspitzen waagerecht ist. Zwischen die Spitzen dieser Nadeln, von denen eine ebenfalls verschieblich ist, können Schulterblätter verschiedener Größe waagerecht eingespannt werden. Zwei Libellen einer Wasserwaage sichern waagerechten Stand als Bedingung für Messungen mit dem auf Schwerkraft beruhenden Mollison'schen Goniometer.

V Ergebnisse

Die Untersuchungen an 173 Humeri werden im folgenden beschrieben. Die Zahlen im einzelnen sind dem entsprechenden Tabellen zu entnehmen.

Dabei soll vorausgeschickt werden, daß in den Altersgruppen unterschiedlich viele Probanden untersucht wurden.

1 Die Version des Humeruskopfes (V)

Die Annahme von der Existenz der Version des Humeruskopfes bestätigt sich bei Männern und Frauen.

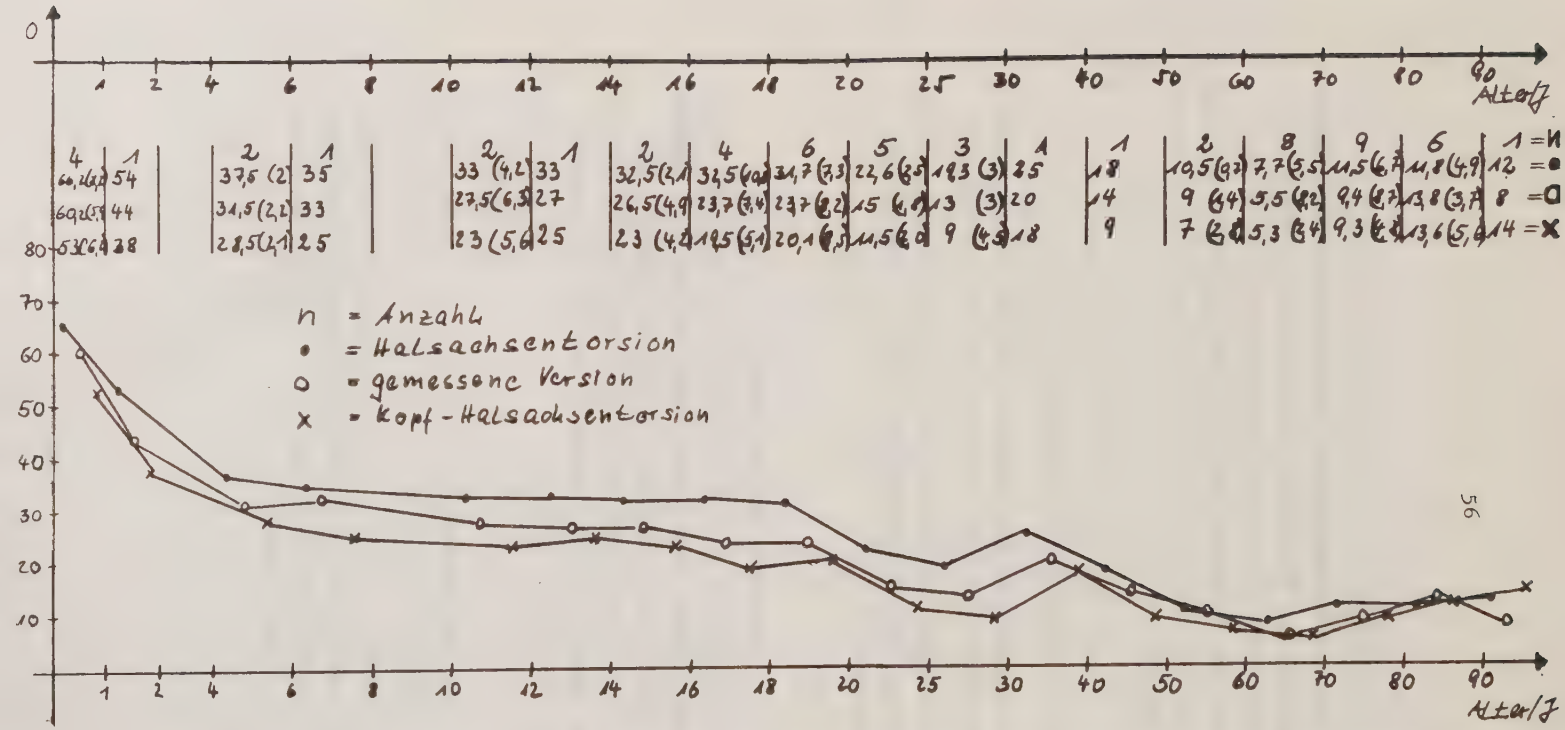
Die ventral gerichtete Version wird als Regelfall angesehen, die Maßzahlen mit positivem Vorzeichen angegeben.

1.1 Die gemessene Version (Vg)

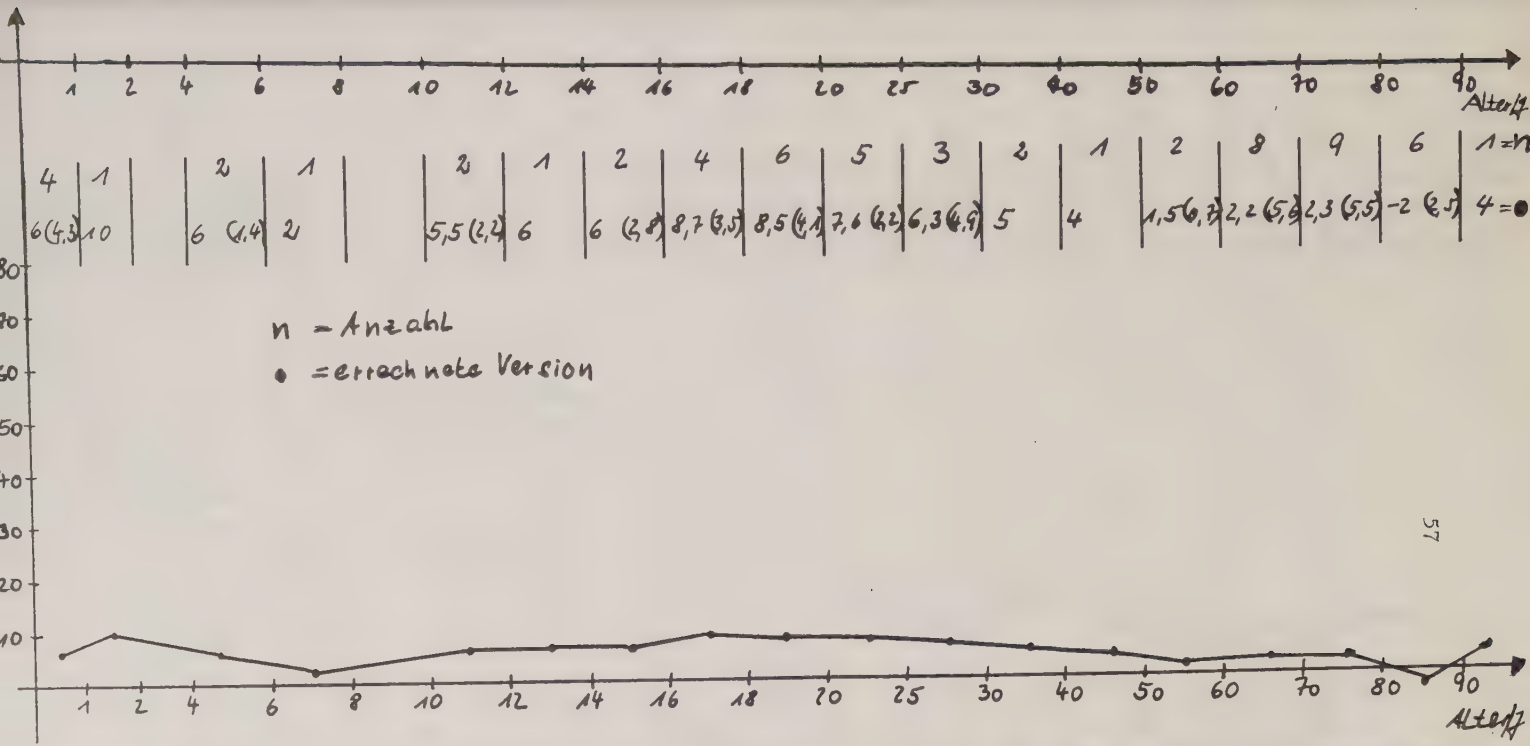
In den meisten Fällen war eine Abkippung nach vorne festzustellen, wobei der gemessene Wert bei Männern im Mittel 19,1° rechtsseitig ($s_{\bar{x}}$=15,2; n=59) und 18,7° linksseitig ($s_{\bar{x}}$=16,0; n=57) und bei Frauen 18,3° rechtsseitig ($s_{\bar{x}}$=16,2; n=29) und 17° linksseitig ($s_{\bar{x}}$=15,9; n=28) betrug.

1.2 Das altersabhängige Verhalten der gemessenen Version (Vg)

Im einzelnen fanden sich beim männlichen Geschlecht die höchsten Werte in der Altergruppe bis zu einem Jahr mit Mittelwerten von 60,2° ($s_{\bar{x}}$=5,9) rechts und 64,2° ($s_{\bar{x}}$=14) links (n= je 4).



Tab. 1: Mittelwerte rechtsseitiger Halstorsions- und Kopfversions- sowie Halsachsenwinkel männlicher Probanden nach anatomischen Messungen am Präparat in Abhängigkeit vom Alter. In der Zahlenleiste finden sich in der ersten Zeile die Anzahl der untersuchten Humeri (n), in der zweiten Zeile die Zahlenwerte der Halsachsentorsion (•), darunter die der gemessenen Version (O), als unterste Zeile die Werte für die Kopf - Halsachsentorsion (X), in Klammern jeweils die zugehörige Standardabweichung. Die Aufteilung in Altersgruppen in der Zahlenleiste entspricht der auf der Abscisse angegebenen.



Tab. 2: Mittelwerte errechneter Version des Untersuchungsgutes entsprechend Tab. 1 in Altersabhängigkeit. In der Zahlenleiste finden sich in der ersten Zeile die Anzahl der untersuchten Humeri (n), in der zweiten Zeile die Zahlenwerte der errechneten Version (●), in Klammern die zugehöriger Standardabweichungen. Die Aufteilung in Altersgruppen in der Zahlenleiste entspricht der auf der Abscisse angegebenen.

Eine Abnahme der Winkel rechtsseitig erfolgt in der frühen Kindheit auf durchschnittlich 32° in den Altersstufen von 4 - 8 Jahren. Von diesem Niveau fallen sie langsam aber kontinuierlich auf 23,7° ($s_{\bar{x}}$=8,2;n=6) in der Gruppe von 18 - 20 Jahren.

Nach dem zwanzigsten Lebensjahr finden sich sämtliche Werte unter 21°mit einem Maximum in der Altersgruppe 30 - 40 Jahre mit 20°(-; n=1) und einem Minimum zwischen 60 - 70 Jahren mit 5,5° ($s_{\bar{x}}$=8,2; n=8). Im Mittel schwanken die Werte um 10°.

Auf der linken Seite findet sich ein ähnliches Verhalten. Nur sind die gemessenen Winkel mit der Ausnahme der Altersgruppe 0 - 1 Jahr kleiner als rechtsseitig.

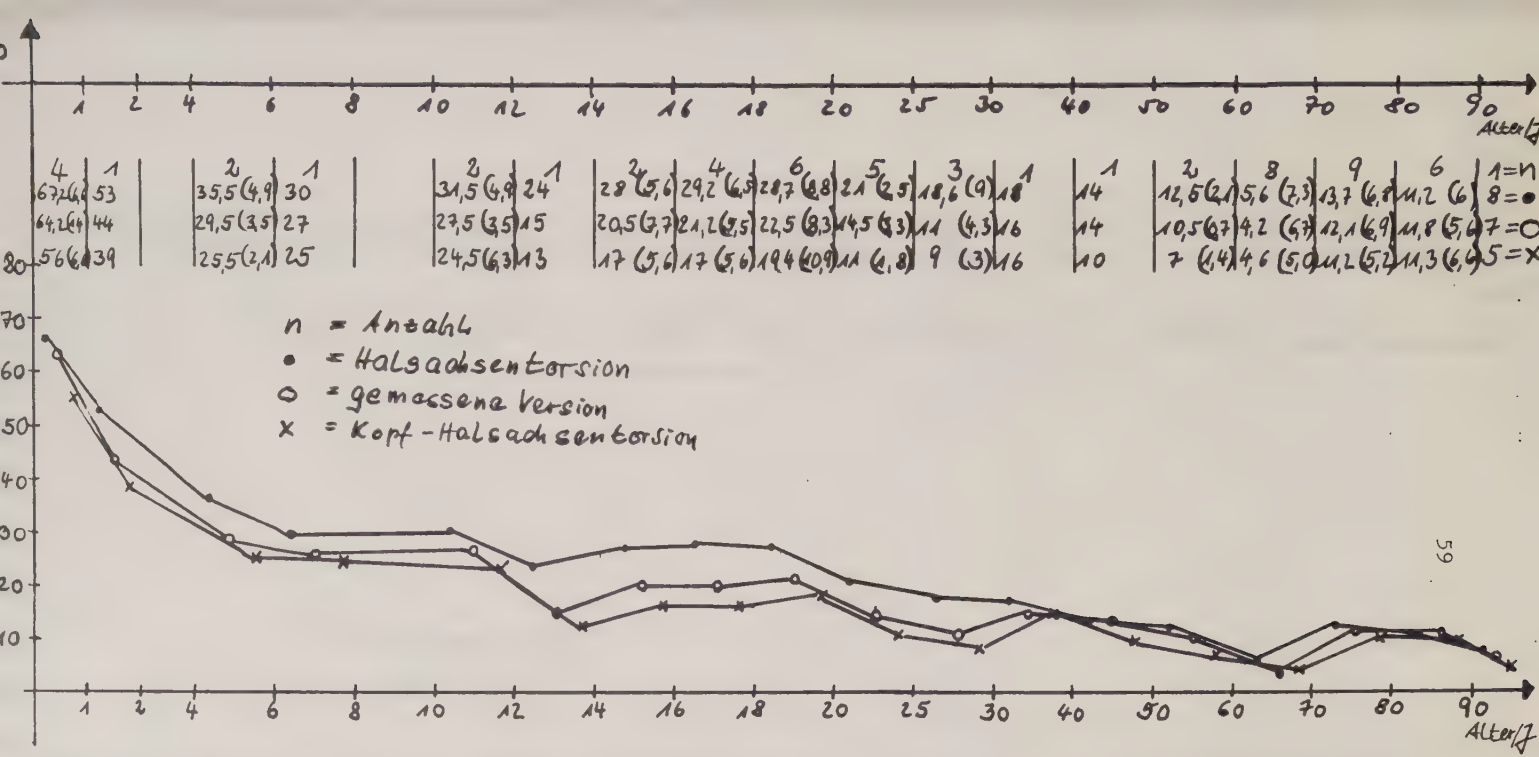
In unserem weiblichen Untersuchungsgut haben wir in der Gruppe bis zu einem Jahr die höchsten Winkelwerte gemessen. Wir fanden 53,2° ($s_{\bar{x}}$= 2,1) rechts und 53°($s_{\bar{x}}$=2,8) links (n= je 2), wobei die Werte in der frühen Kindheit stark abfielen. In der Altersgruppe 14 - 20 Jahre zeigt sich eine Plateaubildung mit Werten um 20°.

Eine deutliche Abnahme auf 10° ($s_{\bar{x}}$=5,6; n=2) findet sich zwischen dem 25. und 30. Lebensjahr. In diesem Bereich bleiben die Werte auch im höheren Alter.

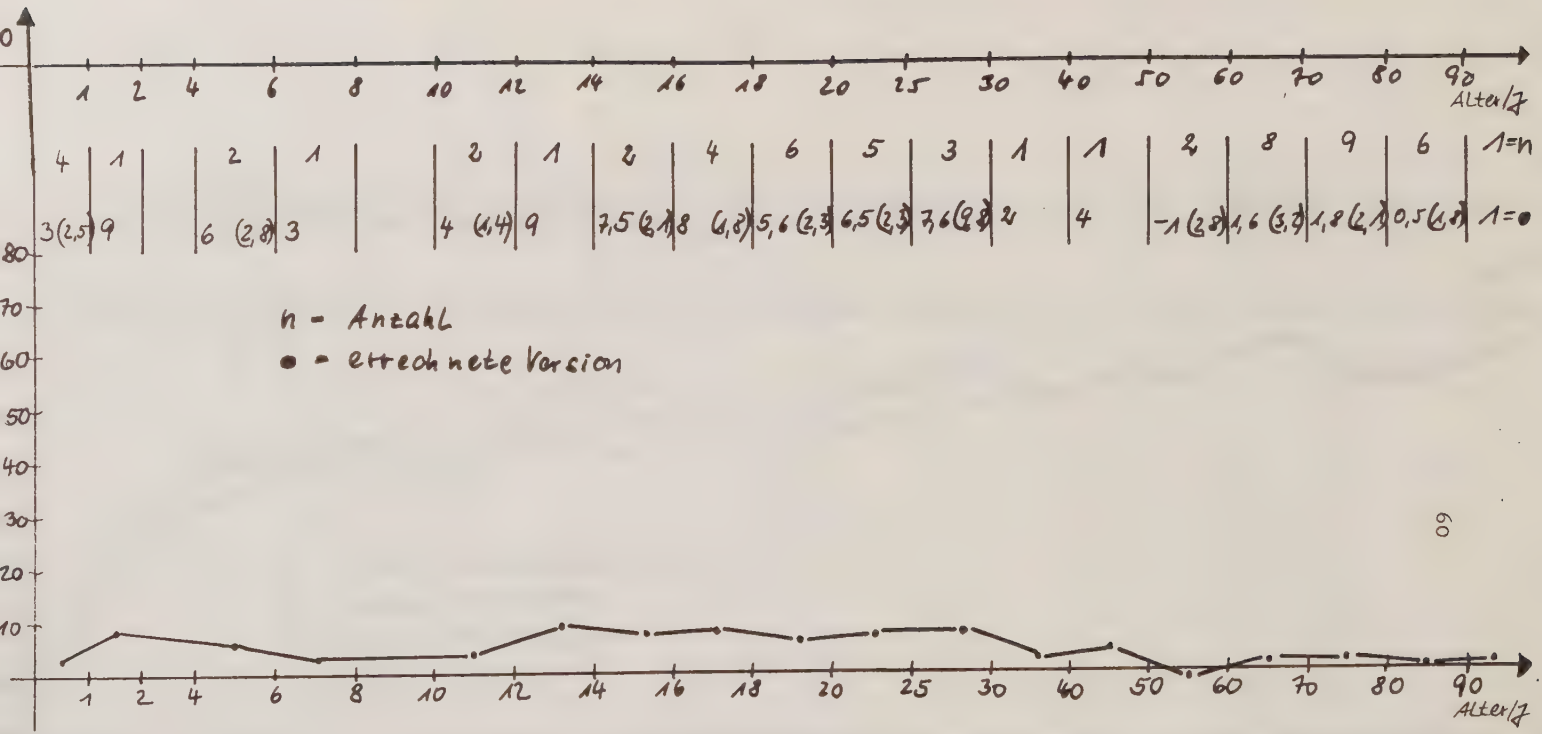
Linksseitig findet sich ein analoges Verhalten mit nahezu gleichgroßen Winkeln.

		rechts	links
20 - 40	männlich	14,8° n=10	14,1° n=9
	weiblich	11,3° n= 7	11,7° n=6
40 - 94	männlich	11,1° n=26	10,4° n=25
	weiblich	7,9° n=14	7,5° n=14

Übers. 7: Mittelwerte der Vg für verschiedene Altersgruppen



Tab. 3: Mittelwerte linksseitiger Halstorsions-, Kopfversions - sowie Kopf- Halsachsenwinkel männlicher Probanden nach anatomischen Messungen am Präparat in Abhängigkeit vom Alter. Auftragung entsprechend Tab. 1 .



Tab. 4: Mittelwerte errechneter Version des Untersuchungsgutes entsprechend Tab. 3 in Altersabhängigkeit. Auftragung entsprechend Tab. 2 .

1.3 Die errechnete Version (Ve)

Die rechnerisch ermittelte Version (Ve) als Differenz der Halsachsentorsion und der gemessenen Version (HT-Vg) ergibt Werte von 4,4° rechts ($s_{\bar{x}}$= 4,7; n=59) und 4,0° links ($s_{\bar{x}}$= 4,2; n=57) bei Männern sowie 5,6° rechts ($s_{\bar{x}}$= 5,8; n=29) und 3,3° links ($s_{\bar{x}}$= 4,5; n=28) bei Frauen.

1.4 Das altersabhängige Verhalten der errechneten Version (Ve)

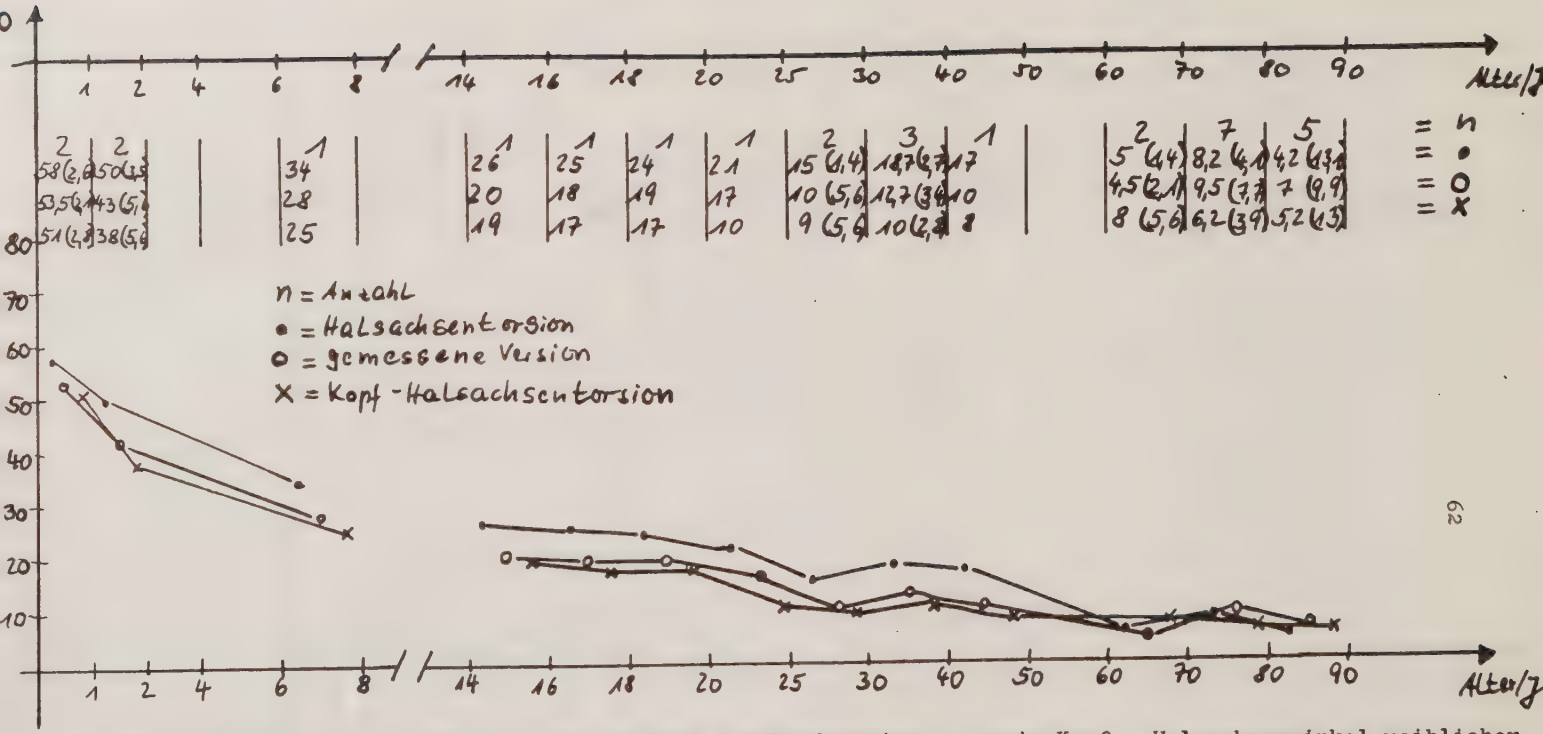
Der absolute Versionswinkel (Ve) als Differenz zwischen der Halstorsion und der gemessenen Version zeigt folgendes altersabhängiges Verhalten:

Bei Männern finden sich in der Jugend Werte von 6 - 8° (n= 26), links geringere als rechts, mit einem Ansteigen auf 10° etwa vom 16. - 20. Lebensjahr (n= 20). Zwischem dem 30. - 40. Lebensjahr fallen sie auf Mittelwerte von 5° rechts und 2° links, um danach ohne wesentliche Änderungen zu bleiben (n>30 Jahre = 58).

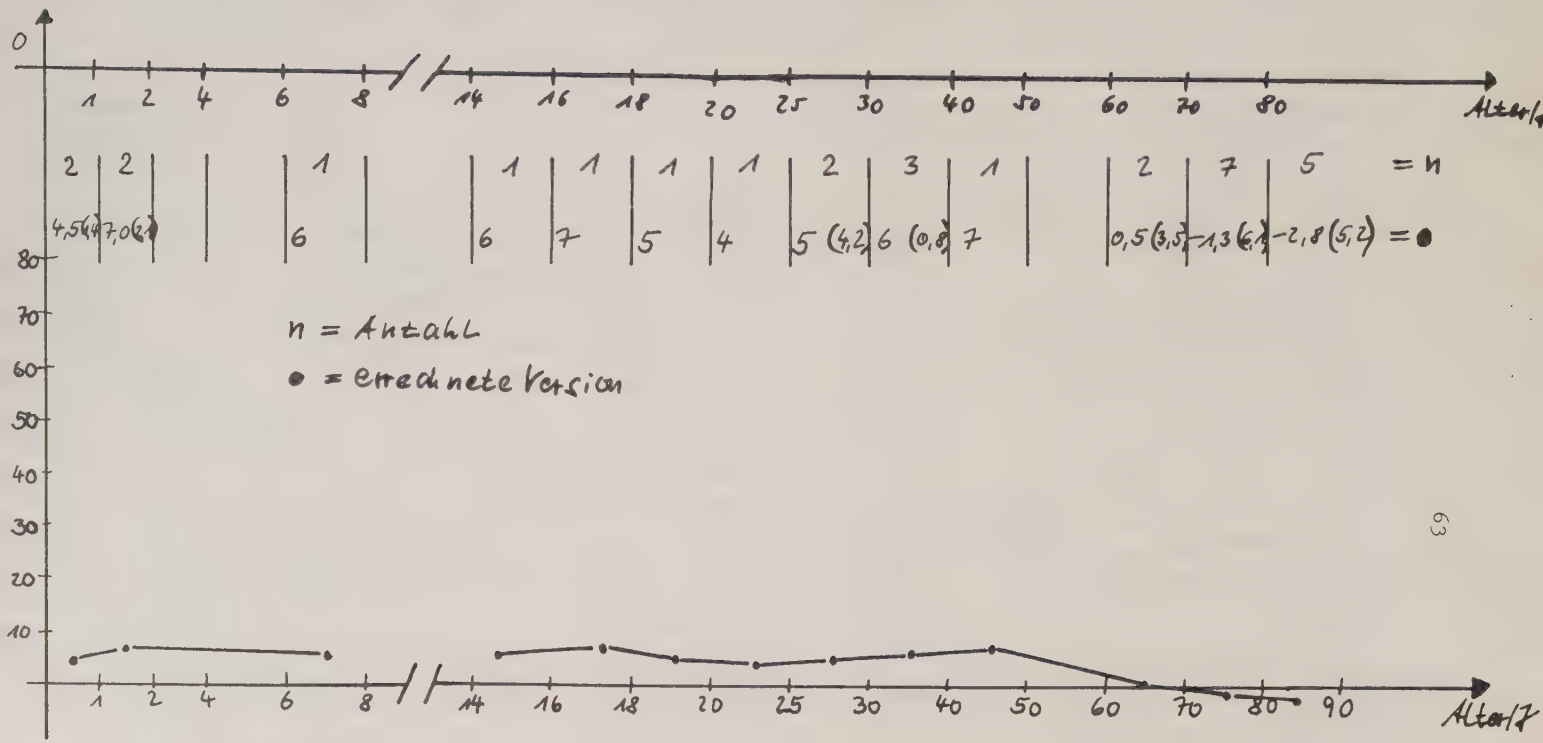
In Einzelfällen wurden Humeri ohne oder mit dorsal gerichteter Version gefunden.

Beim weiblichen Geschlecht liegen die Werte von Ve im Durchschnitt zwischen 5 und 7°, wobei diese in den Altersgruppen von 16 - 20 Jahren relativ hoch sind. Winkel kleiner als 5° wurden in höherem Alter, dann auch gehäuft eine Umkehrung der Version mit Werten von -1,3° ($s_{\bar{x}}$=6,1) bei 70 bis 80jährigen rechts (n=7) und -2,8° ($s_{\bar{x}}$=5,2) bei 80 bis 90jährigen rechts (n=5) gesehen.

Beide Seiten zeigten bei uns ein gleichsinniges Verhalten.



Tab. 5: Mittelwerte rechtsseitiger Halstorsions- und Kopfversions - sowie Kopf - Halsachsenwinkel weiblicher Probanden nach anatomischen Messungen am Präparat in Abhängigkeit vom Alter. Auftragung entsprechend Tab. 1 .



Tab. 6: Mittelwerte errechneter Version des Untersuchungsgutes entsprechend Tab. 5 in Altersabhängigkeit. Auftragung entsprechend Tab. 2 .

2 Die Torsion des Humerus

2.1 Die Torsion der anatomischen Halsachse (HA) und ihre Altersabhängigkeit

Die nach der auf Seite 46beschriebenen anatomischen Methode gemessenen Winkel der HT erreichen beim männlichen Geschlecht ihr Maximum in der Altersgruppe bis zu einem Jahr mit durchschnittlich $66,2^{\circ}$ ($s_{\bar{x}}$=8,2;n=4) rechts und $67,2^{\circ}$ ($s_{\bar{x}}$= 6,6; n=4) links.

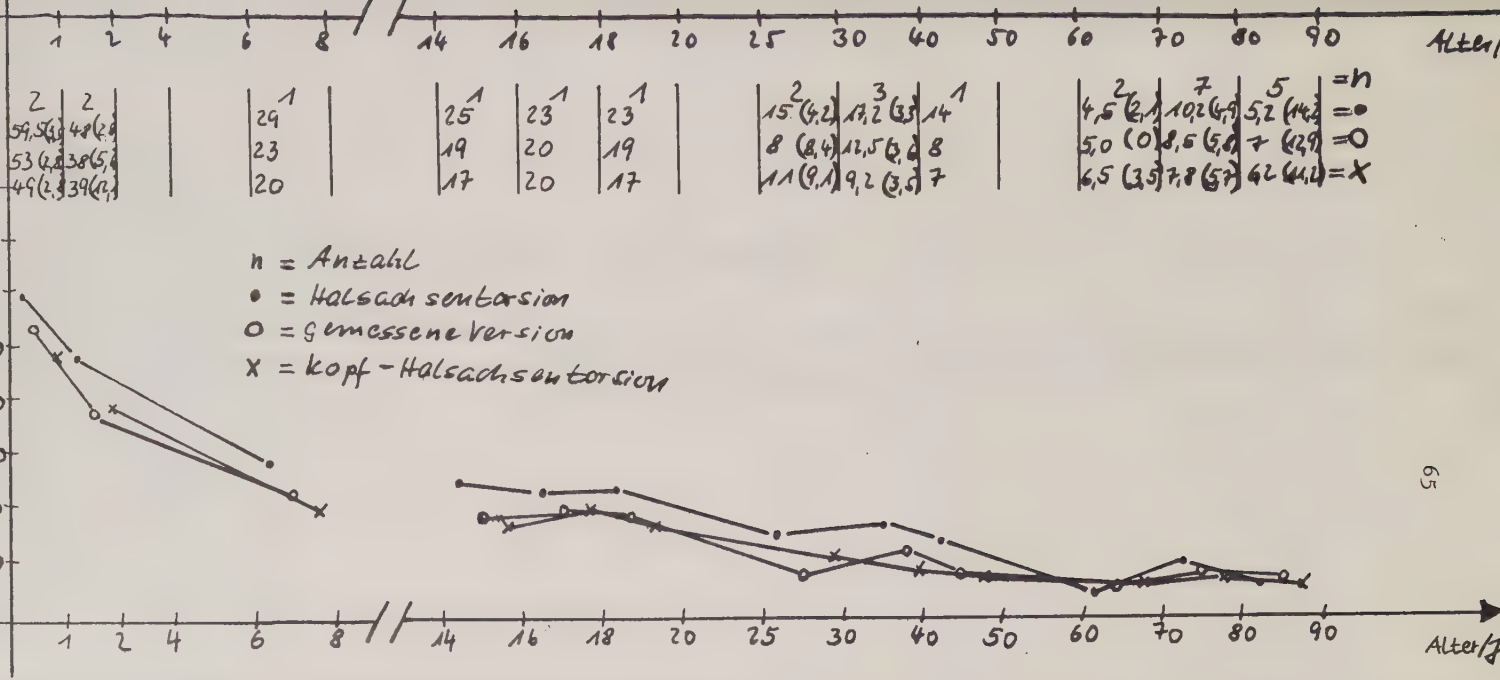
Die Abnahme erfolgt rechts in der frühen Kindheit, um sich etwa vom 6. bis zum 18. Lebensjahr auf einem Niveau von $30 - 35^{\circ}$ mit nur geringem Abfall einzupendeln(n = 10).

Eine zweite Periode der Reduktion der Torsion fanden wir am Beginn des Erwachsenenalters etwa ab dem 18. Lebensjahr. Nach dem 40. Lebensjahr bis zu unseren ältesten Probanden haben wir Werte um 12° gemessen (n=27).

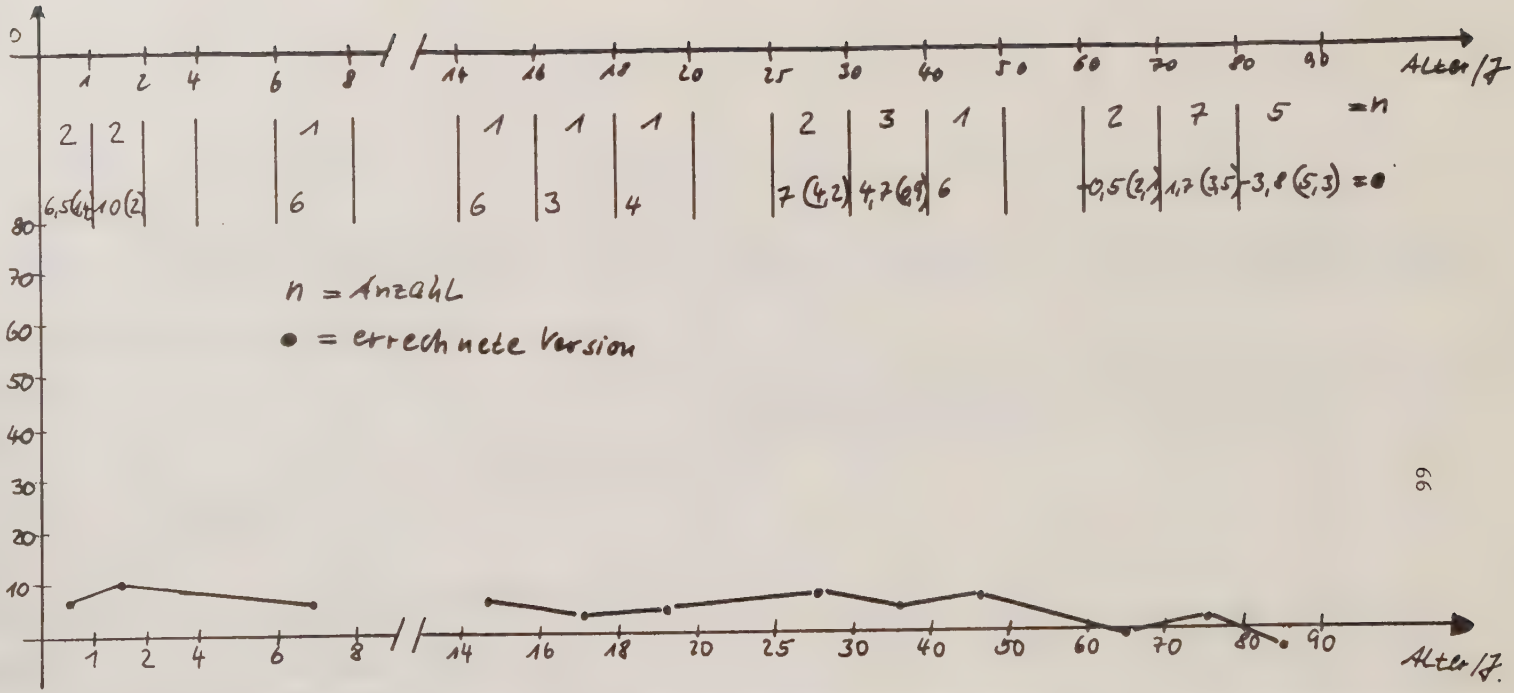
Diese Verhältnisse sahen wir, wenn auch nicht so deutlich ausgeprägt, ebenso am linken Arm, besonders bezüglich des Plateaus. Die Winkel fallen kontinuierlich bis auf $28,5^{\circ}$ ($s_{\bar{x}}$=8,8) in der Altersgruppe von 18 - 20 Jahren (n=6). Nach fallender Tendenz bis zum 40. - 50. Lebensjahr bleibt der Mittelwert dann gleich.

Im weiblichen Untersuchungsgut nimmt die HT eine ähnliche Entwicklung mit hohem Ausgangswert bei Säuglingen und Kleinkindern. Jedoch ist der Wert mit $58,0^{\circ}$ ($s_{\bar{x}}$= 2,6) am rechten und $59,5^{\circ}$ ($s_{\bar{x}}$=3,5) am linken Humerus nicht ganz so hoch wie bei den Männern.

In der Altersgruppe von 8 bis 14 Jahren konnte wir keine Humeri untersuchen.



Tab. 7: Mittelwerte linksseitiger Halstorsions-, Kopfversions - sowie Kopf - Halsachsenwinkel weiblicher Probanden nach anatomischen Messungen am Präparat in Abhängigkeit vom Alter. Auftragung entsprechend Tab. 1 .



Tab. 8: Mittelwerte errechneter Version des Untersuchungsgutes entsprechend Tab. 7 in Altersabhängigkeit. Auftragung entsprechend Tab. 2 .

Später erfolgt eine Abnahme bis um das 40. Lebensjahr auf etwa 16°. Die Winkel im höheren Alter fallen bei Frauen in der Altersgruppe 70 - 80 Jahre mit 8,2° ($s_{\bar{x}}$=4,1; n=7) rechts und 10,2 ($s_{\bar{x}}$=4,9; n=7) links und bei den 80 bis 90jährigen mit 4,2° ($s_{\bar{x}}$=13,1;n=5) rechts und 5,2° ($s_{\bar{x}}$=14,2;n=5) links niedriger aus als bei den Männern.

Aus den Tabellen 1,3,5,7 wurden die Mittelwerte für HT bebestimmter Altersgruppen errechnet (siehe Übersicht 8).

Dabei liegt einheitlich der Torsionswinkel der jungen Altersgruppe und der rechten Seite höher als sein Vergleichswert, bei den Männern deutlicher ausgeprägt als bei den Frauen.

		rechts		links	
20 - 40	männlich	22,3°	n=10	19,2°	n=10
	weiblich	18,2°	n= 6	16,1°	n= 6
40 - 94	männlich	11,9°	n=27	11,0°	n=27
	weiblich	11,9°	n=15	11,0°	n=15

Übersicht 8: Mittelwerte der HT für verschiedene Altersgruppen

2.2 Die Torsion der Kopf - Hals - Achse und ihre Altersabhängigkeit

Auch bei den Messungen der Kopf-Hals- Achse, wie sie von Evans und Krahl durchgeführt wurde, finden sich bei männlcihen Humeri auf der rechten Seite hohe Werte in früher Kindheit mit Plateaubildung in der Jugend (mit den Einschränkungen des geringen Zahlenmaterials in den frühen Altersstufen). Sie fallen in der Altersgruppe 20 - 25 Jahren auf 11,5° ($s_{\bar{x}}$= 2,0)(n=5) und bleiben dann mit etwa 10° konstant (n=32).

Die Torsion des linken Armes verhält sich bis zum 20. Lebensjahr ebenso, nur ist sie im Durchschnitt etwas geringer. In den darauffolgenden Altersgruppen zeigt sie in unserem Untersuchungsgut kein einheitliches Verhalten.

Bei Frauen liegen die Torsionswinkel links wie rechts durchschnittlich etwas niedriger. Ihre Abnahme bei unseren weiblichen Probanden zwischen 18 bis 20 und 20 bis 25 Jahren ist rechts mit 7° hoch; in der Altersgruppe 20 - 25 Jahre wird das endgültige Niveau erreicht.

Die Mittelwerte der KHA in der zuvor gewählten Unterteilung sind in Übersicht 9 aufgeführt.

Dabei liegt - bis auf zwei Ausnahmen - der Torsionswinkel der jungen Altersgruppe und der rechten Seite höher als sein Vergleichswert.

		rechts	links
20 - 40	männlich	$12,8^{\circ}$ n=10	$12,0^{\circ}$ n=10
	weiblich	$9,6^{\circ}$ n= 6	$10,1^{\circ}$ n= 6
40 - 94	männlich	$9,7^{\circ}$ n=27	$8,1^{\circ}$ n=27
	weiblich	$6,8^{\circ}$ n=20	$6,8^{\circ}$ n=20

Übers.9 : Mittelwerte der KHA für verschiedene Altersgruppen

2.3 Vergleich Vg, Ve, Ht, und KHA

Für die bisher beschriebenen Winkel gilt:

Die größten Werte zeigt die Halsachse, kleinere die gemessene Version, die Kopf-Hals-Achse die kleinsten.

Alle fallen mit zunehmendem Alter ab. Die errechnete Version zeigt nur eine Änderung: Vor dem 30. Lebensjahr liegt sie höher als danach.

2.4 Verhalten der Vg gegenüber HT und KHA

Die gemessene Version liegt bei den jungen Männern eher der anatomischen Halstorsion (HT) angenähert, wobei sie sich allerdings zwischen dem 12. bis 25. Lebensjahr durchschnittlich mehr den nach Evans und Krahl gemessenen Werten (KHA) nähert (rechts und Links).

Bei den weiblichen Humeri liegt Vg etwa ab dem 16. Lebensjahr durchschnittlich näher der KHA als der HT.

3 Humeruslänge

Die größere Humeruslänge nach Wachstumsabschluß fanden wir bei Männern und Frauen (älter als 20 Jahre) jeweils am rechten Arm und zwar mit 31,1 Zentimetern ($s_{\bar{x}}$=2,5) bei Männern und 29 Zentimetern ($s_{\bar{x}}$2,2) bei Frauen. Die Werte der linken Arme sind jedoch nur geringfügig kleiner.

	rechts	links
Länge (männlich)	$\bar{x}$ = 31,1 $s_{\bar{x}}$= 2,5 n = 36	$\bar{x}$ = 30,1 $s_{\bar{x}}$= 7,9 n = 34
Länge (weiblich)	$\bar{x}$ = 29,0 $s_{\bar{x}}$= 2,2 n = 21	$\bar{x}$ = 28,8 $s_{\bar{x}}$= 2,2 n = 20

Übers.10 : Mittelwerte der Humeruslänge nach Wachstumsschluß

4 Die Kippung der Scapulagelenkfläche

Bei der Messung der Kippung der Scapulagelenkfläche an 82 Schulterblättern von Probanden im Alter zwischen 41 und 94 Jahren fanden sich folgende Mittelwerte:

	rechts	links
Männer	$\bar{x} = 7,2^{\circ}$ $s_{\bar{x}} = 3,7$ $n = 27$	$\bar{x} = 6,6^{\circ}$ $s_{\bar{x}} = 4,5$ $n = 27$
Frauen	$\bar{x} = 8,3^{\circ}$ $s_{\bar{x}} = 3,4$ $n = 14$	$\bar{x} = 7,5^{\circ}$ $s_{\bar{x}} = 4,3$ $n = 14$

Übers. 11: Rückwärtsneigung der Schulterblattgelenkfläche

5 Das Verhalten der Humeruswinkel gegenüber der Dicke des Humerus

Schon hier soll darauf hingewiesen werden, daß die in den folgenden Abschnitten beschriebenen Verhältnisse altersabhängig sind und damit einer Falschkorrelation entsprechen.

Trägt man die Dicke des Humerus, gemessen in der Mitte des Ansatzes des M. deltoideus, und zwar von vorn und von der Seite, gegen die drei in dieser Arbeit gemessenen Winkelwerte des Humerus auf, (siehe Tabellen 9a-12b) so erhält man ein umgekehrt proportionales Verhältnis, unabhängig von Seite oder Geschlecht. Das heißt, daß mit zunehmender Dicke kleinere Winkel gemessen werden. Ve zeigt keine Abhängigkeiten.

6 Das Verhalten der Humeruswinkel gegenüber der Länge des Humerus

Eine Abhängigkeit wie in Abschnitt 5 ergibt sich bei Auftragung der Länge des Humerus gegen die verschiedenen Winkel. Auch hier handelt es sich um eine Falschkorrelation.

7 Das Verhalten der Humeruswinkel zur Abkippung der Scapulagelenkfläche

Keine gegenseitige Beeinflussung zeigt sich zwischen Scapulagelenkflächenabkippung und Torsion beziehungsweise Version, daß heißt, Torsion und Version verändern sich nicht erkennbar in Beziehung zur Abkippung der Schulterblattpfanne.

8 Das Verhalten der Humeruswinkel zu den Diametern der Scapulagelenkflächen

Ein umgekehrt proportionales Verhältnis findet sich zwischen den Diametern von 92 Scapulagelenkflächen und den gemessenen Humeruswinkeln in dem Sinne, daß größere Durchmesser mit kleineren Winkeln einhergehen und umgekehrt. Ve zeigt keine Abhängigkeit.

9 Das Verhalten der Humeruswinkel gegenüber der Thoraxform

Die nicht gewünschte Alterskorrelation zwischen Humeruswinkeln und Thoraxformen erhält man im Gesamtuntersuchungsgut mit leptosomem und faßförmigem Thorax und niedrigeren Werten und Normalthorax und hohen Werten.

10 Das Verhalten der Kippung der Scapulagelenkfläche gegenüber der Thoraxform

Versucht man, eine Beziehung der Thoraxform gegenüber der Abkippung der Scapulagelenkfläche herzustellen, ergibt sich folgendes:

Zwar findet sich die Mehrzahl der Kippwerte in einem mittleren Bereich von 5 - 10° sowohl bei den als leptosom, normal oder faßförmig beurteilten Oberkörpern, außergewöhnliche Humeruswinkel finden sich seitengleich ausschließlich bei Faßthoraces, sowohl bei Männern als auch bei Frauen.

VI Diskussion

1 Zu Untersuchungsgut (s.S. 44)

Die Verteilung bezüglich Alter und Geschlecht deckt die höheren Altersgruppen bei beiden Geschlechtern statistisch ausreichend ab.

Die Schwierigkeiten, jüngere Leichen zu untersuchen, dokumentiert sich auch in der Literatur durch zahlenmäßig kleine Kollektive (Evans/Krahl 45, Krahl 45,47). In unserer Untersuchung mußte eine engmaschige Gruppierung nach dem Alter gewählt werden, um Veränderungen im wichtigen Bereich von 12 bis 20 Jahren aufzeigen zu können um den Preis der unzureichenden mathematischen Zuverlässigkeit.

Die Anzahl der untersuchten Schultern in diesen Altersgruppen beträgt:

		rechts	links
12 - 14	männlich	1	1
	weiblich	-	-
14 - 16	männlich	2	2
	weiblich	1	1
16 - 18	männlich	4	4
	weiblich	1	1
18 - 20	männlich	6	6
	weiblich	1	1

Übers. 12: Anzahl und Aufteilung der untersuchten Schultern in den besonders interessierenden Altersgruppen hinsichtlich der Schulterluxation

Der Vergleich mit den Zahlen anderer Autoren wurde durch Umrechnung auf den Winkel ß hergestellt (vergl. S. 34). Das große Untersuchungsgut von Broca (1881) läßt für den Mittelwert eine Umrechnung der distalen Achsen (Gelenk- und Epicondylenachse) zu.

2 Zur Version (s.S.55 f)

Grundsätzlich bestätigen unsere Untersuchungen die Existenz der Torsion des menschlichen Humerus in Übereinstimmung mit anderen Autoren (Martins 1857, Gegenbauer 1868, Lucae 1865, Broca 1881, Le Damany 1907 Fick 04, Grunewald 19, Martin 33, Evans/Krahl 45, Krahl 45, 47, Davies 65, Saha 71, 78 u.a.), auch die von Evans und Krahl aufgezeigten Winkelveränderungen wurden in ihrer Tendenz bestätigt.

In unserem Untersuchungsgut zeigten sich aber aufgrund unserer Fragestellung und der gewählten Meßmethoden Besonderheiten der Torsionsentwicklung.

So ist ein wesentliches Ergebnis unserer Untersuchung die Feststellung einer Version des gelenkflächentragenden Teiles des Humeruskopfes.

Dabei sprechen Lokalisation zentral der Wachstumsfuge (s.S. 30) und bis zum Wachstumsabschluß vorauseilende Altersentwicklung (s. Tab. 1-8) für eine Funktion im Rahmen der ontogenetischen Entwicklung.

Der von anderen Autoren und besonders von Evans und Krahl (45) und Krahl (45, 47)(vergl. S.34 f) genannten Ursache der Torquierung im gegensinnig wirkenden Muskelzug zentral und peripher der Wachstumszone muß deshalb das von Pauwels (35, 51, 54, 60) aufgezeigte prinzipielle Verhalten einer Wachstumszone bei einseitig vermehrtem/vermindertem Druck gegenübergestellt werden.

Unsere Untersuchungen waren nicht darauf abgestellt, die Entstehung der Torsion aufzuklären, sprechen aber aufgrund der Existenz einer Version an einem von direkten Muskelkräften zumindest bis zum Zeitpunkt der Verschmelzung der Kerne des Tuberculum majus, minus und des Kopfes im 6. Lebensjahr (Benninghoff/ Goerttler 68) wenig beeinflußten Ort eher für die zuletzt genannte Ursache. Die raschen Änderungen unter den pathologischen Verhältnissen dysplastischer Hüftgelenke mit "Kopf - im - Nacken" Stellung (Tönnis/ Kuhlmann 69) zeigen die Potenz einer Wachstumsfuge auf.

Der Version des Kopfes liegen röntgenologische in-vivo Methoden zur Messung der "Torsion" des Humeruskopfes zugrunde (Mukherjee/Sivaya 67, Debevoise 71).

Im einzelnen findet sich in der Regel eine Abkippung nach vorne, also der normalen Torsionsentwicklung vorauseilend (Tab. 1 - 8a). Im höheren Alter kann in Einzelfällen auch eine dorsal gewandte oder Null- Version vorkommen. Als Ursache dafür zu diskutieren ist das Prinzip der Materialeinsparung des Körpers entsprechend der nach Wachstumsfugenschluß einwirkenden Belastung.

3 Zur gemessenen Version (s.S.55)

In der Aufteilung unseres Untersuchungsgutes nach Geschlecht und Körperseite betragen die Versionswinkel zwischen 17° und $19,1^{\circ}$ mit aufgrund nicht vorgenommener Altersdifferenzierung hohen Standardabweichungen (s.S.55 ff).

Die ontogenetische Entwicklung beginnt mit großen Winkeln von 60° und mehr (gemessen analog dem Winkel ß der Torsion) im ersten Lebensjahr, die sich bereits in der Altersgruppe von 4 - 8 Jahren auf Mittelwerte um 30° reduzieren.

Nach diesem Zeitraum, in den die Verschmelzung der proximalen Humeruskerne fällt, verlangsamt sich der Entwicklungsprozeß mit einer Winkelverkleinerung auf etwa 23° im Alter von 18 - 20 Jahren.

Auch nach Wachstumsfugenschluß konnten wir noch langsame Winkeländerungen feststellen, deren Ursache im Materialeinsparungsprozessen entsprechend der aktuellen Druckbelastung im Schultergelenk vermutet werden können.

Vorwegnehmend kann so auch die Angleichung von gemessener Version und Halstorsion (= errechnete Version) beim alten Menschen erklärt werden.

4 Zur errechneten Version (s.S. 61 ff)

Bei unseren männlichen Probanden betrugen die Mittelwerte errechneter Version (Ve) 4,4° rechts, 4,0° links und bei unseren weiblichen bestand mit 5,6° rechts und 3,3° links eine deutliche Seitendifferenz. Eine mögliche Ursache größerer Schwankungen ist der vorzeitige Wachstumsfugenschluß bei Frauen.

Höhere Werte erhielten wir von zwei Altersgruppen, zum ersten in sehr jungen Jahren und noch einmal im Alter von 16 bis 20 Jahren (Tab. 2, 4, 6, 8). Damit kann die insgesamt schnelle Torsionsentwicklung im Säuglings- und Kindesalter erklärt und ein zweiter Zeitraum verstärkter Angleichung an die Verhältnisse im Erwachsenenalter kurz vor Wachstumsfugenschluß im Alter von 20 - 24 Jahren (Benninghoff/Goerttler 68) wahrscheinlich gemacht werden.

Der zuletzt genannte Zeitraum fällt in den Anfang des Prädilektionsalters der habituellen Schulterluxation (Idelberger 78). Auch Lange (57) findet bei Patienten im Alter unter 30 Jahren mit einer Schulterluxation in 45 % dieser Fälle Rezidive. Rowe (56) berichtet von Rezidiven in 83 % der Fälle, bei denen die Erstluxation unter zwanzig Jahren auftrat.

Die Abnahme der Winkel erfolgte danach bei Männern und Frauen mit zunehmendem Alter, wobei bei den weiblichen Humeri, unabhängig von der Seite, eine stärkere Angleichung der Version an die Halstorsion mit Umkehrung in Einzelfällen beobachtet wurde (Tab. 1-8).

Die gemessene Version verbindet in vivo- und in vitro-Methoden.

5 Zur Halsachsentorsion (s. S.64f)

Die an der Halsachse gemessene Torsion zeigt eine der gemessenen Version analoge Altersentwicklung mit Modifikation durch Seite und Geschlecht.

Es erfolgt in früher Kindheit ein Abfallen auf Winkel von 30°-35°, die etwa zwischen dem 6. - 18. Lebensjahr annähernd konstant bleiben. Danach erfolgt eine erneute Reduktion, die bis etwa 40 Jahren anhält und der Phase des Wandels durch Knochenumbauprozesse entsprechen dürfte. Danach bleibt die Torsion konstant.

Gleichsinnige Entwicklungen finden sich bei beiden Geschlechtern und auf beiden Körperseiten, nur liegen die gemessenen Werte jeweils links niedriger als rechts, bei Frauen sind sie geringer als bei Männern. (s. Tab. 1, 3, 5, 7)

In der Literatur wird ein Sistieren des Torsionsprozesses etwa mit dem Ende des Wachtumsalters beschrieben (Gegenbauer 1898, 1910, Murray 36, Evans/Krahl 45, Krahl 45, 47). In unserem Untersuchungsgut liegt dieser Zeitpunkt im fünften Lebensjahrzehnt.

Die Größen - Zeit - Verhältnisse im Wandel der Torsion entsprechen denen, die Evans und Krahl gefunden haben.

6 Zur Kopf - Hals - Achsentorsion (s. S. 67)

Die Messung der proximalen Achse mit der von Evans und Krahl (45) benutzten Methode ergab übereinstimmend mit ihnen (Winkelangabe in ß) hohe Werte bei Säuglingen und Kleinkindern, die in der Jugend auf ein Plateau von etwa 25° absinken und über eine Reihe von Jahren konstant bleiben.

Ein erneutes Abfallen sahen wir aber zwischen dem 20. und 25. Lebensjahr. Hier wurde ein Niveau von 11,5° erreicht. Alle unsere Winkelmessungen zeigen aber auch noch späterhin langsame Änderungen.

Im Seitenvergleich verhalten sich die Winkelbeträge analog.

Die Mittelwerte bei weiblichen Humeri waren etwas geringer, die endgültigen Verhältnisse werden bereits zwischen dem 20. und 25. Lebensjahr erreicht.

7 Zum Vergleich von Halsachsen - und Kopf-Halsachsentorsion (s.S. 68)

Unsere Messungen der Halsachsen - und der Kopf-Halsachsentorsion weisen Differenzen auf. Ein Grund für die Tatsache, daß die Werte der Messung der Halsachse größer sind als die der Kopf-Halsachse ist daraus herzuleiten, daß in die Kopf-Halsachse noch die Version mit einbezogen wird, die, wie beschrieben, der physiologischen Entwicklung vorauseilt.

Der altersabhängige Durchschnittswert für Deutsche in Amerika wird von Evans und Krahl (45) mit 12,9° (ß) angegeben, Martin Saller (57) weichen mit durchschnittlich 36,1° erheblich von diesen Angaben ab. Unsere Werte für die Altersgruppen über 20 Jahre betragen für Männer 10,5° ($s_{\bar{x}}$=7,4) rechts und 9,4° ($s_{\bar{x}}$=6,8) links und für Frauen 10,1° ($s_{\bar{x}}$=10,4) rechts und 9,5° ($s_{\bar{x}}$=9,2) links.

8 Zu Armlänge und Händigkeit (s.S. 69)

In unsere Untersuchung ist die durchschnittliche Armlänge auf der rechten Seite größer; hier findet sich auch der größte Torsionswinkel, unabhängig von der Methode der Bestimmung (s. Tab.13 - 16)

Die in diesem Zusammenhang wichtige Händigkeit konnte an den nicht fixierten Leichen aus Pathologie und Rechtsmedizin mit ausreichender Wahrscheinlichkeit aufgrund von Muskelmasse, Handflächenbeschwielung, Nikotinverfärbung der Finger und anderer Auffälligkeiten beurteilt werden.

Hier bestand die Beziehung von größtem Torsionswinkel und Seite der bevorzugten Hand, wie sie auch von Krahl (47) beschrieben wurde.

9 Zur Kippung der Scapulagelenkfläche (s.S.70)

Die Messung der Kippung der Scapulagelenkfläche ergab eine Rückwärtsneigung von durchschnittlich $7,2^{o}$ rechts und $6,6^{o}$ links bei Männern und $8,3^{o}$ rechts und $7,5^{o}$ links bei Frauen.

Das, Ray und Saha (66) fanden bei Männern einen durchschnittlichen Wert der Kippung von $7,4^{o}$ nach dorsal bei röntgenologischen Messungen.

10 Zum Verhalten der Humeruswinkel, Armlänge und - dicke, Scapulakippung und Thoraxform untereinander (s. S. 70)

Bei einigen von uns untersuchten Wechselbeziehungen der Meßwerte ergaben sich Korrelationen, die sich als nichtgewünschte Altersabhängigkeiten herausstellten.

Sowohl Humeruslänge als auch -dicke stellen Funktionen des Alters dar. Krahl und Evans (45) beschrieben in ihrem Material keine Korrelation zwischen Winkelmaß und Humerusdicke.

Eine gegenseitige Beeinflussung von Torsion beziehungsweise Version und Neigung der Scapulagelenkfläche konnten wir in den hohen Altersgruppen untersuchen; sie ist hier nicht zu erkennen (Tab.21-24). Bei Primaten ist eine solche Abhängigkeit beschrieben (Saha 71,78).

Die Beziehung der Thoraxformen zu den gemessenen Neigungswinkeln der Scapulagelenkfläche zeigt bei allen (leptosomen, normalen und faßförmigen Thoraces) eine Kumulation in Bereichen von 4^{o} bis 11^{o}, höhere Werte finden sich lediglich bei den Faßthoraces.

Unter Berücksichtigung der Überlegung von Saha (71, 78) nach der eine optimale Kippung der Gelenkfläche für das Schultergelenk stabilitätsfördernd sei, erscheint eine vermehrte Abkippung nach hinten beim Faßthorax gelenkmechanisch sinnvoll (siehe Zeichnung).

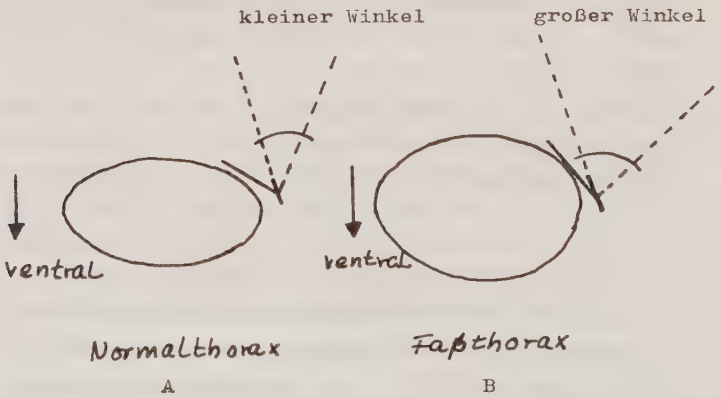


Abb.23 : Ein kleiner Kippwinkel der Scapulagelenkfläche (A) wird in der Überlegung nach Saha durch eine flach stehende Scapula in seiner stabilitätsmindernden Wirkung kompensiert.

Beim Faßthorax (B) kann bei entsprechend steiler stehender Scapula der vordere Anteil der Scapulagelenkfläche nicht mehr als "vordere Bremse" für den Humeruskopf wirken (bei gleicher Gelenkflächenkippung, wie sie durchschnittlich bei Normalthoraces gefunden wurde). Erst ein größerer Kippwinkel dürfte die Stabilität des Schultergelenks verbessern.

VII Zusammenfassung

1. Es wurde eine Torsionsmeßmethode erarbeitet, die potentiell Vergleiche vorhandener in vivo Methoden mit anatomischen zuläßt.

In Ergänzung zu den Angaben der Literatur wurden Collumstrukturen als Halsachse definiert und vermessen und so die Existenz einer Version des gelenkflächentragenden Teils des Humeruskopfes wahrscheinlich gemacht.

Das Verhalten der Halsachsentorsions-, Kopf-Halsachsentorsions- sowie Versionswinkel untereinander zeigt eine eigene Charakteristik.

2. An 173 Humeri aller Altersgruppen beiderlei Geschlechts wurden anatomische Messungen der Humerustorsion sowie der Version durchgeführt. Es wurden Normtabellen erstellt, die in einzelnen Gruppen unzureichend bleiben mußten.

An den zugehörigen Scapulae wurde die Kippung der Gelenkfläche nach dorsal gemessen.

3. Als wichtige Ergebnisse der Messungen sind zu nennen:

Die in der Literatur beschriebene ontogenetische Entwicklung der Humerustorsion konnte bestätigt werden.

Im Wachstumsalter konnten zwei Phasen schneller Entwicklung unterschieden werden, von denen eine in das Prädilektionsalter der habituellen Schulterluxation fällt.

In verschiedenen Wachstumsstufen bestehen charakteristische Beziehungen der vermessenen Winkel untereinander.

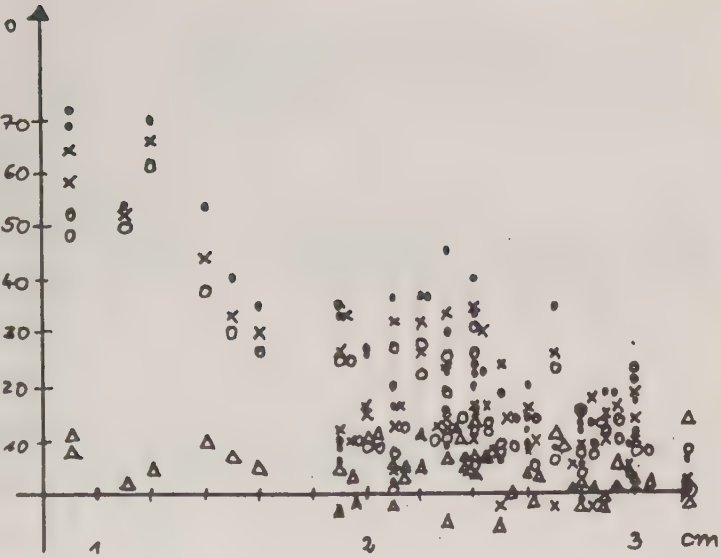
Die Existenz einer Version und die Altersverläufe der Winkelentwicklung sprechen für eine Torsionsentwicklung im Sinne der Pauwels'chen Gesetze der Biomechanik.

Der Seitenvergleich läßt größere Winkel an der bevorzugten Hand erkennen.

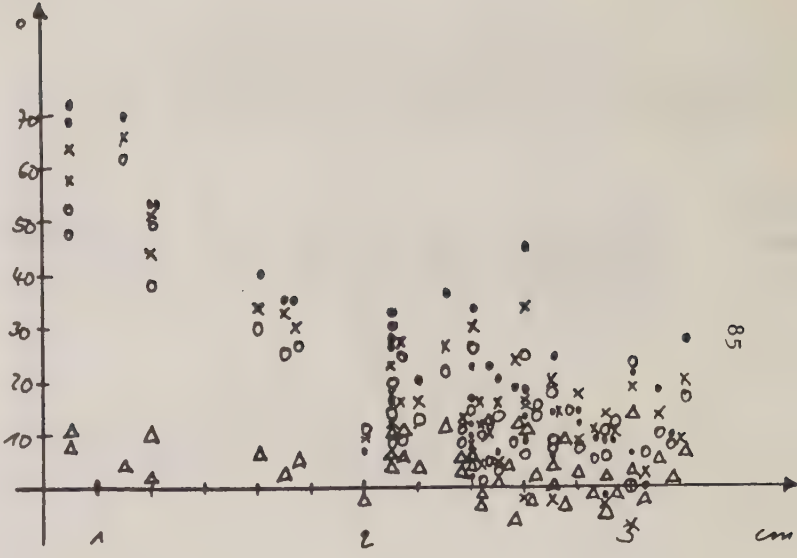
Geschlechtsunterschiede sind vorhanden: männliche Humeri weisen im Durchschnitt größere Winkel auf als weibliche.

Der Vergleich der Humeruswinkel mit anderen Parametern ergibt überwiegend nicht gewünschte Altersabhängigkeiten.

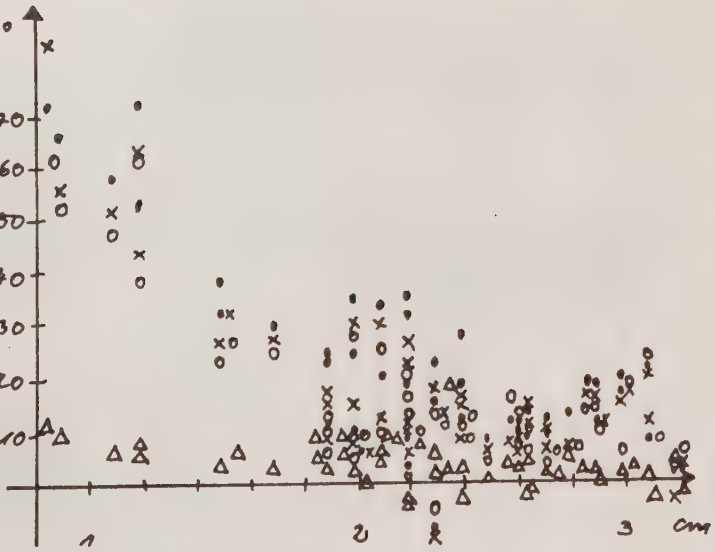
VIII Tabellenanhang



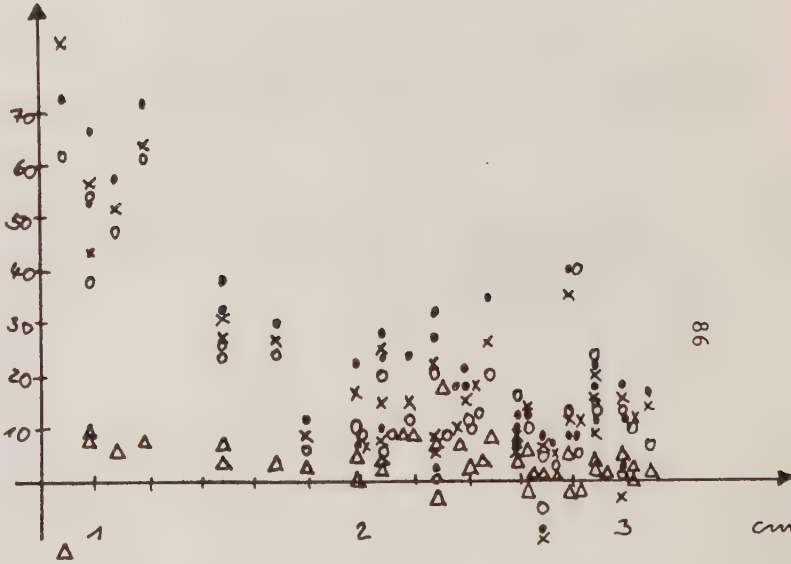
Tab. 9a: Rechtsseitige Halstorsion (•), Kopf-Hals- Torsion (X), gemessene (O) und errechnete (Δ) Version in Abhängigkeit von der Dicke des Humerus a.p. bei männlichen Probanden



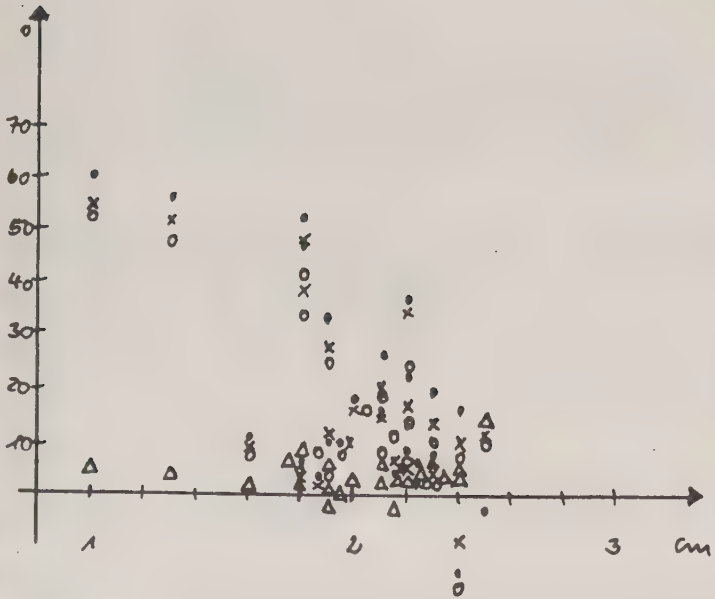
Tab. 9b: Rechtsseitige Halstorsion (•), Kopf-Hals-Torsion (X), gemessene (O) und errechnete (Δ) Version männlicher Probanden in Abhängigkeit von der Dicke des Humerus seitlich



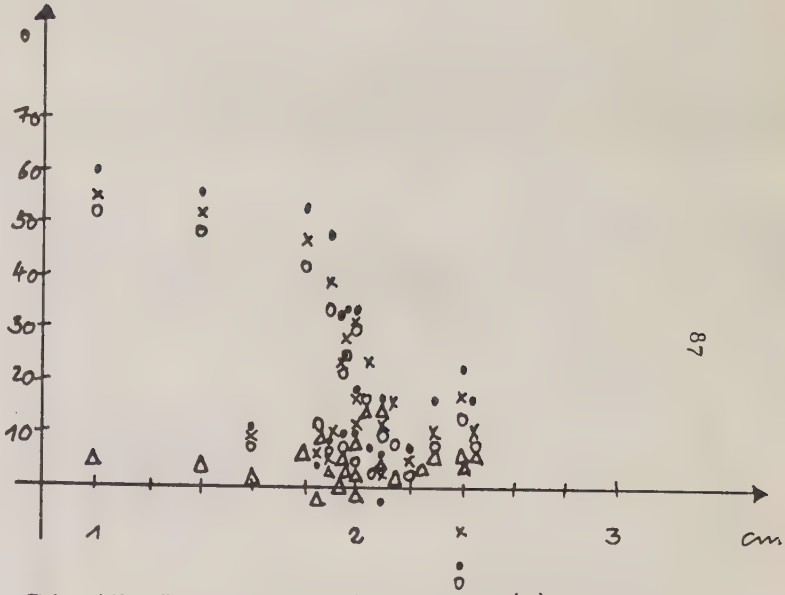
Tab. 10a: Linksseitige Halstorsion (•), Kopf-Halstorsion (X), gemessene (0) und errechnete (Δ) Version in Abhängigkeit von der Dicke des Humerus a.p. bei männlichen Probanden



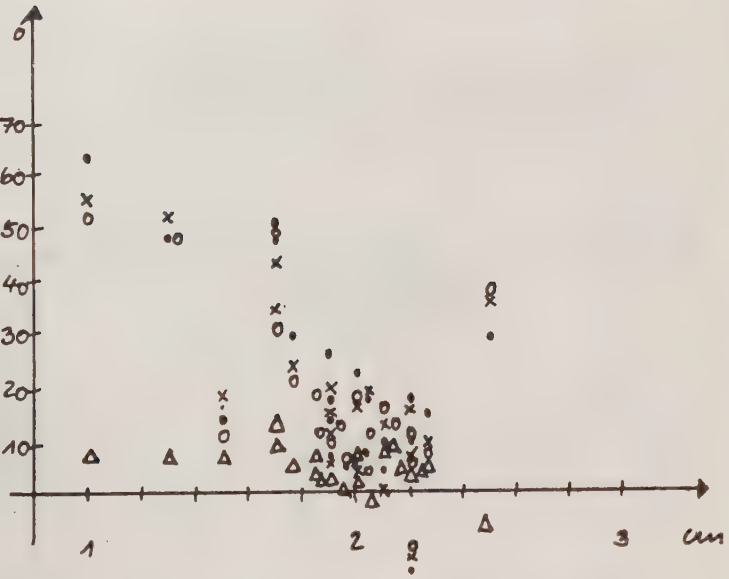
Tab. 10b: Linksseitige Halstorsion (•), Kopf- Halstorsion (X), gemessene (0) und errechnete (Δ) Version männlicher Probanden in Abhängigkeit von der Dicke des Humerus seitlich



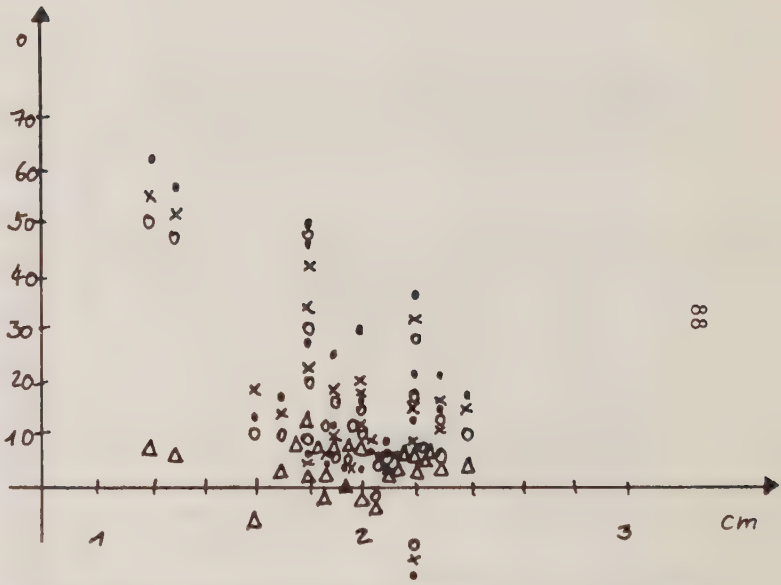
Tab. 11a: Rechtsseitige Halstorsion (•), Kopf-Halstorsion (X), gemessene (0) und errechnete (Δ) Version weiblicher Probanden in Abhängigkeit von der Dicke des Humerus a.p.



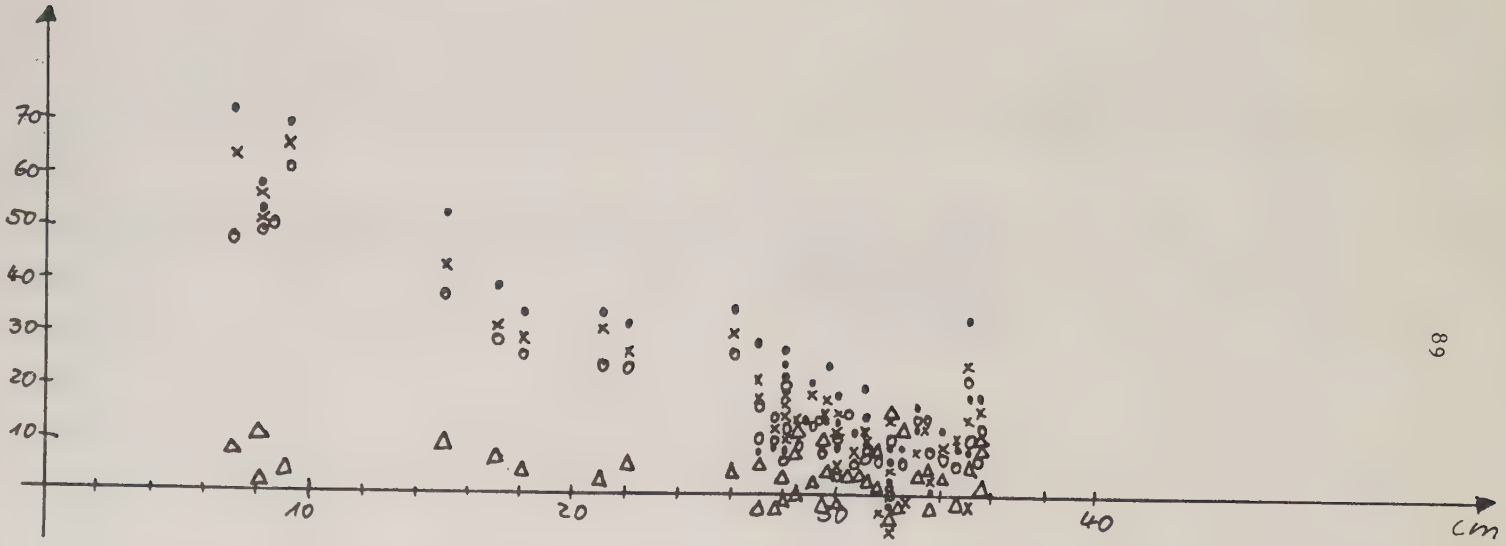
Tab. 11b: Rechtsseitige Halstorsion (•), Kopf-Halstorsion (X), gemessene (0) und errechnete (Δ) Version weiblicher Probanden in Abhängigkeit von der Dicke des Humerus seitlich



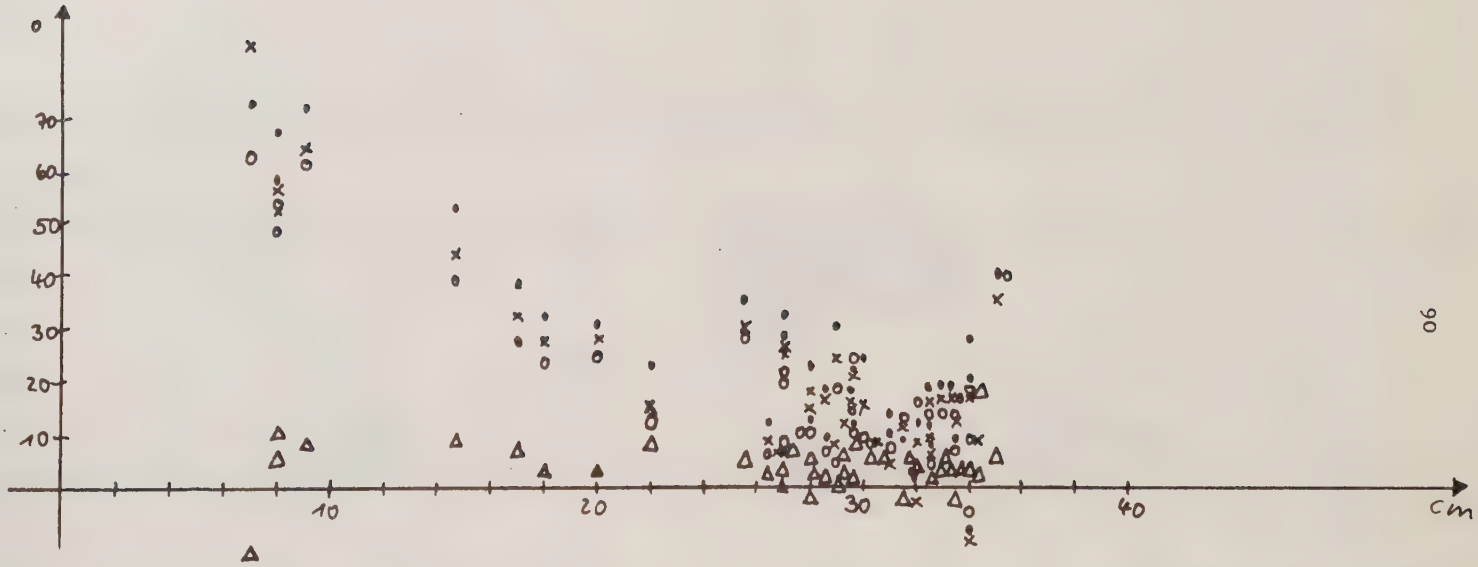
Tab. 12a: Linksseitige Halstorsion (•), Kopf-Halstorsion (X), gemessene (O) und errechnete (Δ) Version weiblicher Probanden in Abhängigkeit von der Dicke des Humerus a.p.



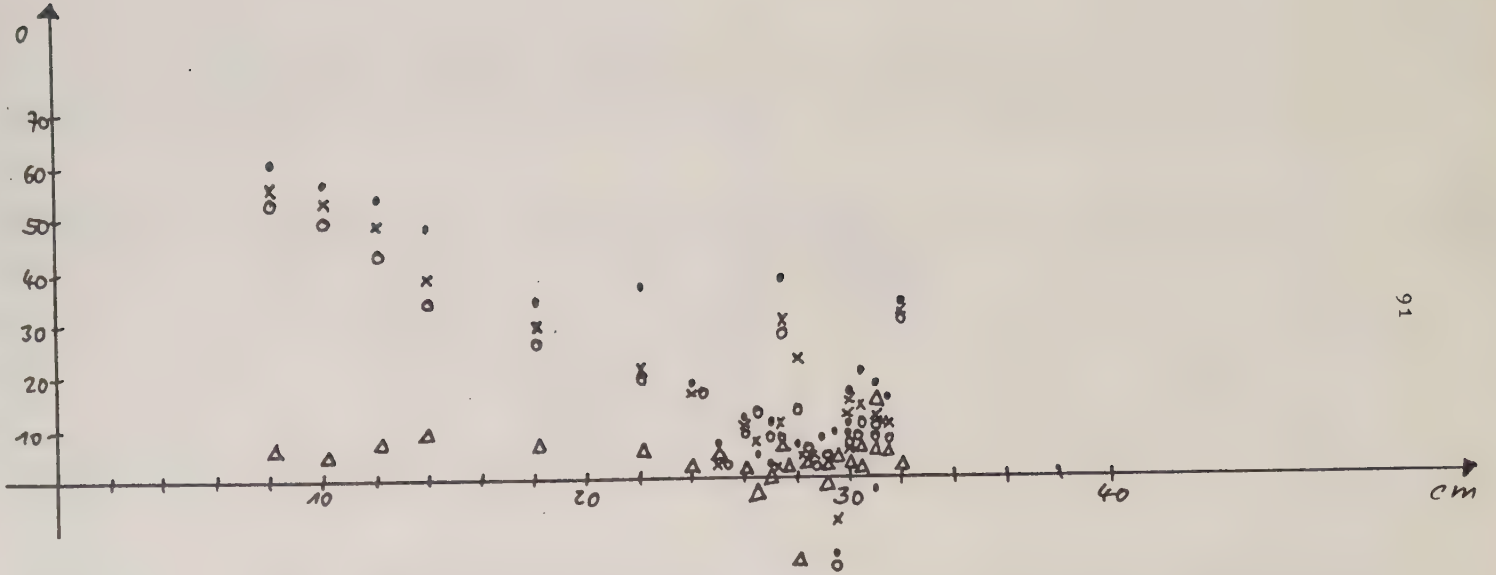
Tab. 12b: Linksseitige Halstorsion (•), Kopf- Halstorsion (X), gemessene (O) und errechnete (Δ) Version weiblicher Probanden in Abhängigkeit von der Dicke des Humerus seitlich



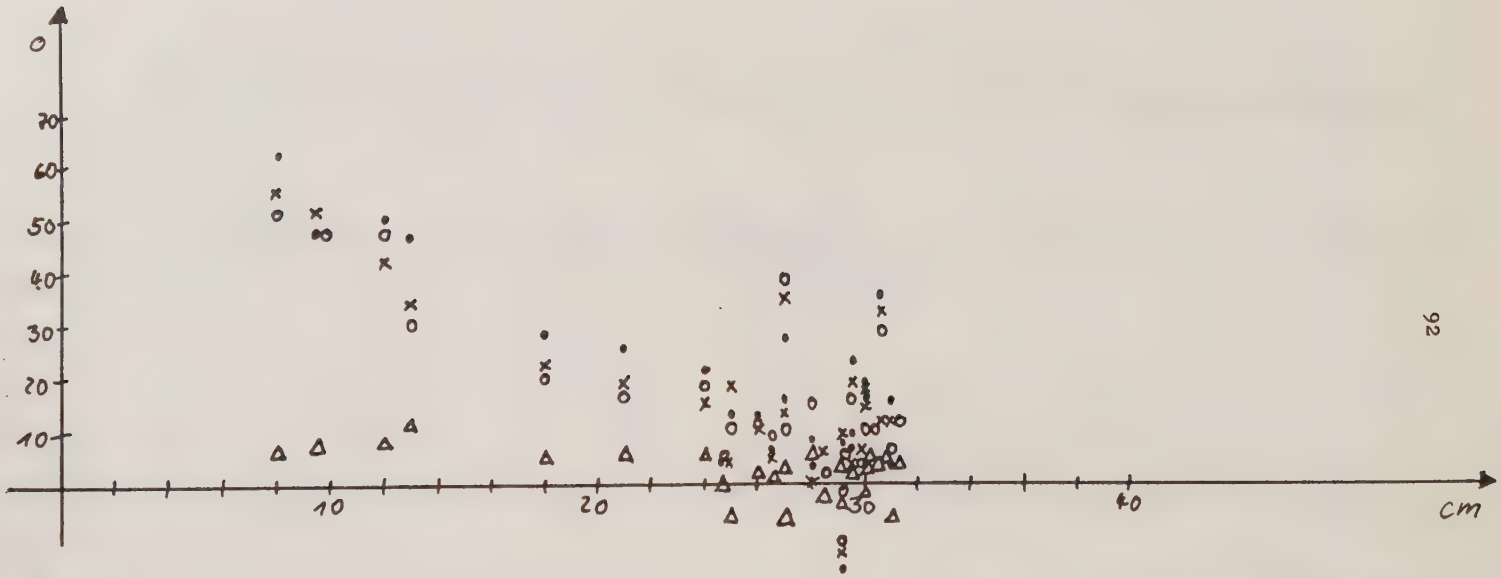
Tab. 13: Werte rechtsseitiger Halstorsion (•), Kopf-Halstorsion (X), gemessener (O) und errechneter (Δ) Version männlicher Probanden in Abhängigkeit von der Länge des Humerus



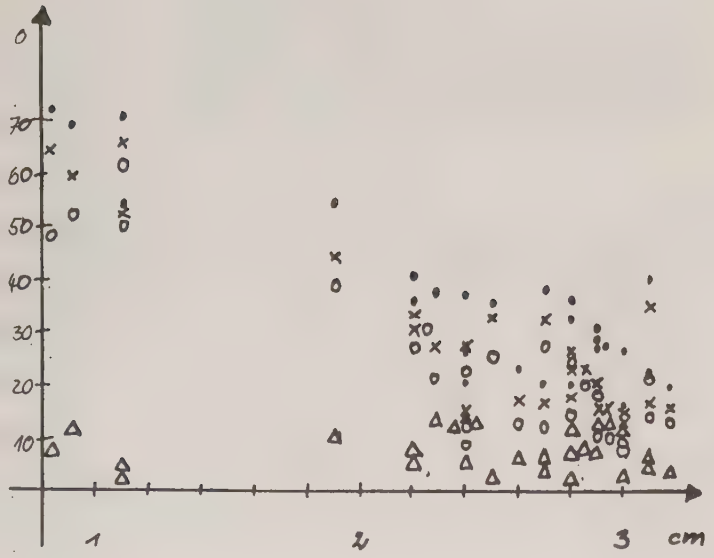
Tab. 14: Werte linksseitiger Halstorsion (•), Kopf- Halstorsion (X), gemessener (O) und errechneter (Δ) Version männlicher Probanden in Abhängigkeit von der Länge des Humerus



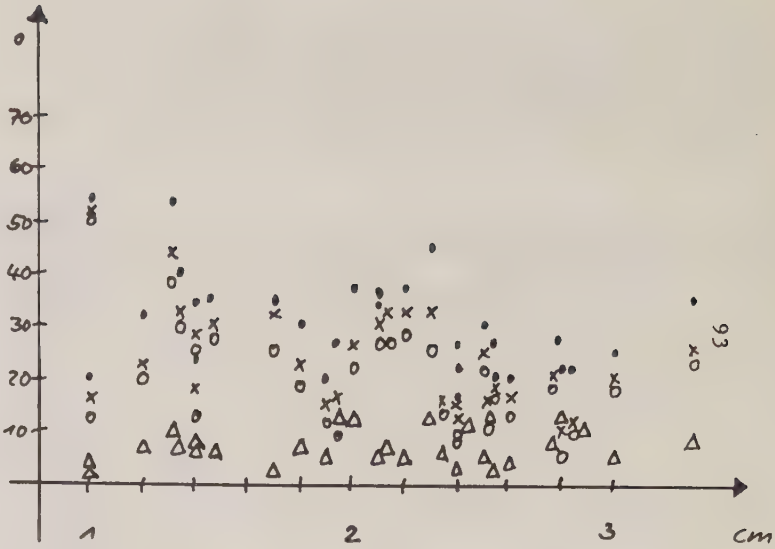
Tab. 15: Werte rechtsseitiger Halstorsion (•), Kopf- Halstorsion (X), gemessener (O) und errechneter (Δ) Version weiblicher Probanden in Abhängigkeit von der Länge des Humerus



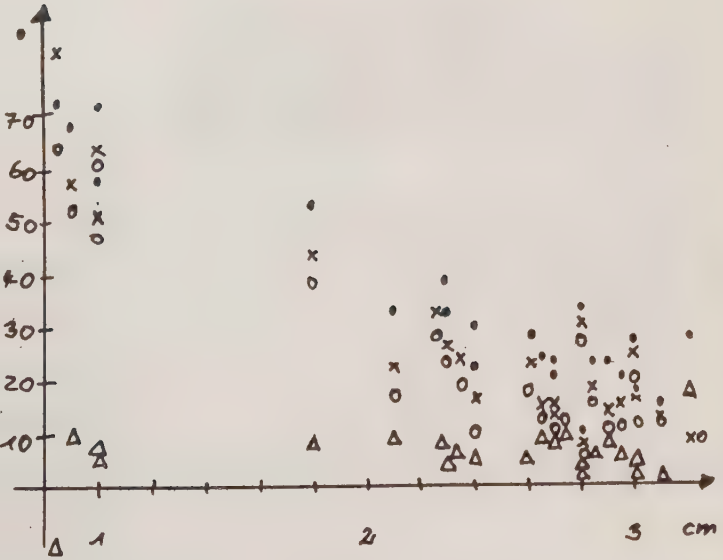
Tab. 16: Werte linksseitiger Halstorsion (•), Kopf- Halstorsion (X), gemessener (O) und errechneter (Δ) Version weiblicher Probanden in Abhängigkeit von der Länge des Humerus



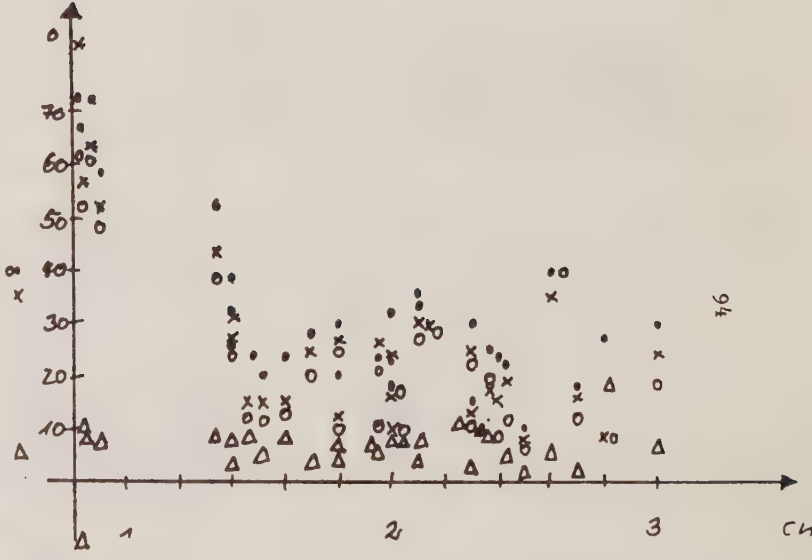
Tab. 17a: Werte rechtsseitiger Halstorsion (•), Kopf- Halstorsion (X), gemessener (O) und errechneter (Δ) Version männlicher Probanden (jünger als 40 Jahre) in Abhängigkeit vom senkrechten Durchmesser der Scapulagelenkfläche



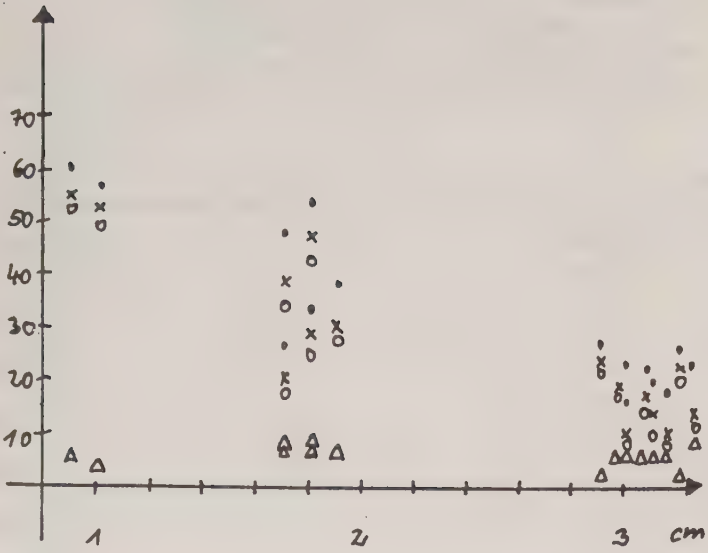
Tab. 17b: Werte rechtsseitiger Halsotrsion (•), Kopfhalstorsion (X), gemessener (O) und errechneter (Δ) Version männlicher Probanden (jünger als 40 Jahre) in Abhängigkeit vom waagerechten Durchmesser der Scapulagelenkfläche



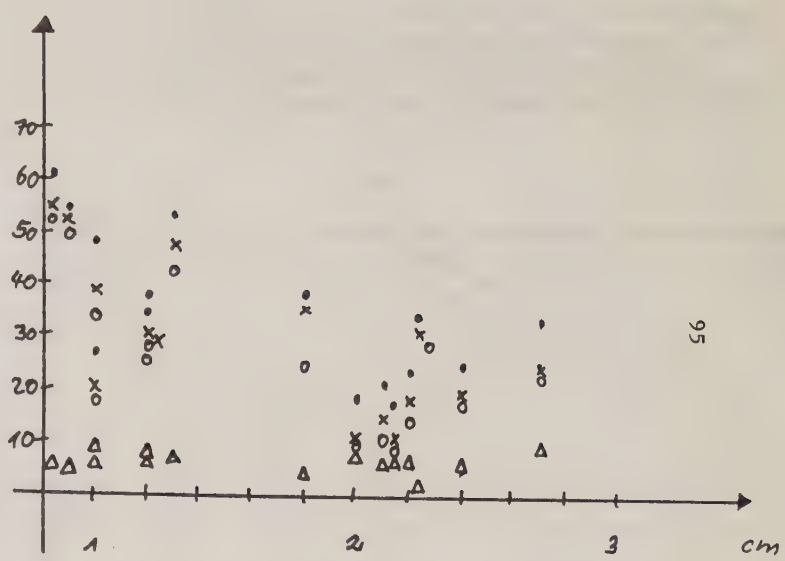
Tab. 18a: Werte linksseitiger Halstorsion (•), Kopf- Halstorsion (X), gemessener (O) und errechneter (△) Version männlicher Probanden (jünger als 40 Jahre) in Abhängigkeit vom senkrechten Durchmesser der Scapulagelenkfläche



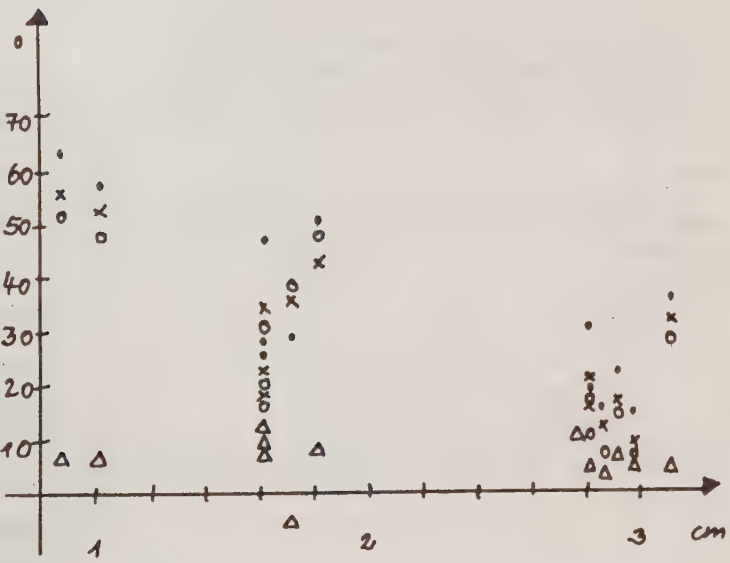
Tab. 18b: Werte linksseitiger Halstorsion (•), Kopf-Halstorsion (X), gemessener (O) und errechneter (△) Version männlicher Probanden (jünger als 40 Jahre) in Abhängigkeit vom waagerechten Durchmesser der Scapulagelenkfläche



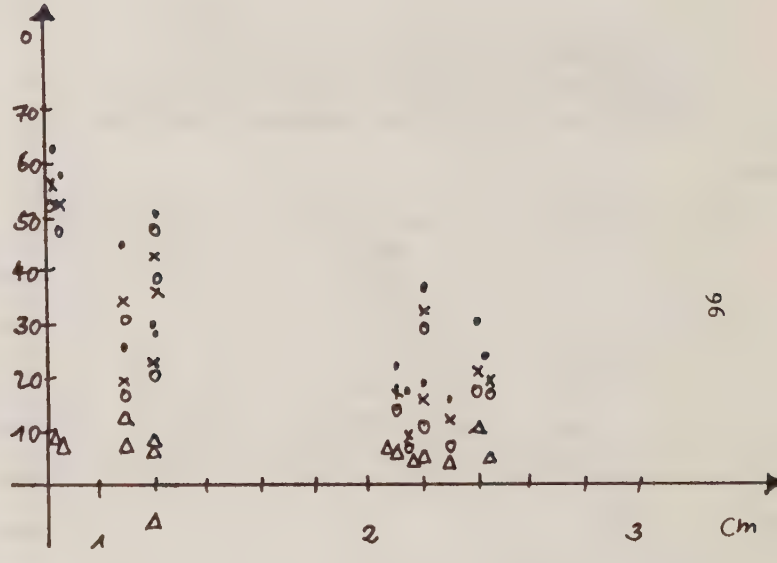
Tab. 19a: Werte rechtsseitiger Halstorsion (•), Kopf- Halstorsion (X), gemessener (O) und errechneter (△) Version weiblicher Probanden (jünger als 45 Jahre) in Abhängigkeit vom senkrechten Durchmesser der Scapulagelenkfläche



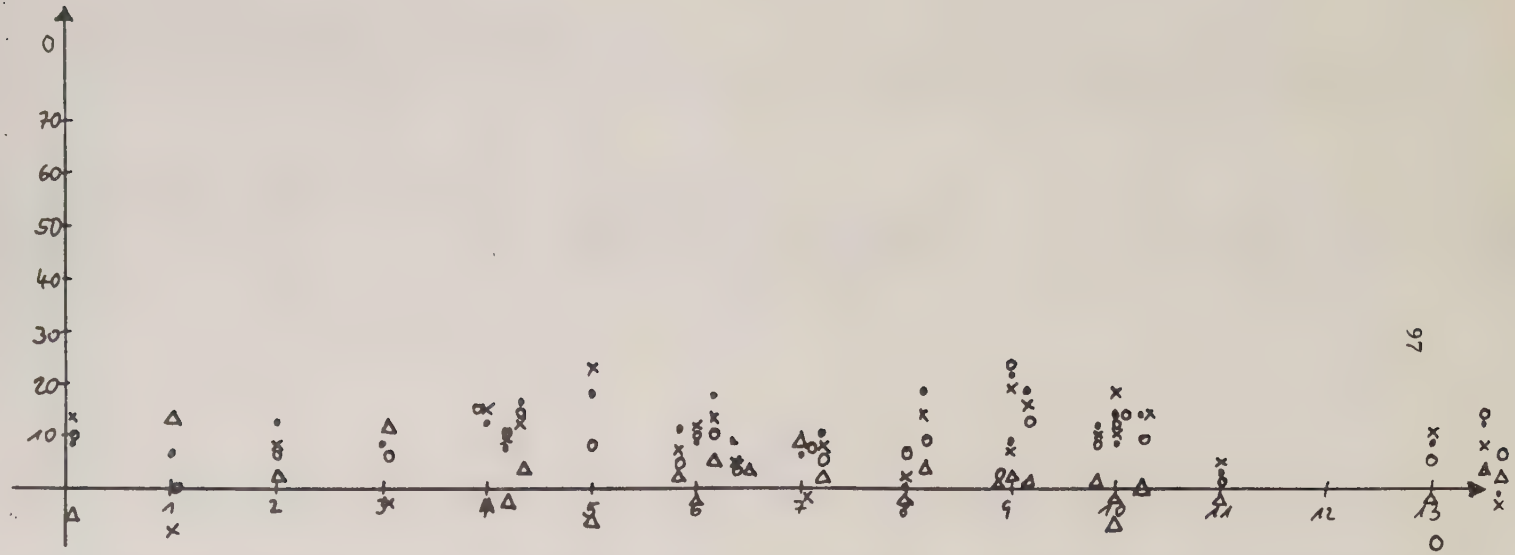
Tab. 19b: Werte rechtsseitiger Halstorsion (•), Kopf-Halstorsion (X), gemessener (O) und errechneter (△) Version weiblicher Probanden (jünger als 45 Jahre) in Abhängigkeit vom waagerechten Durchmesser der Scapulagelenk-fläche



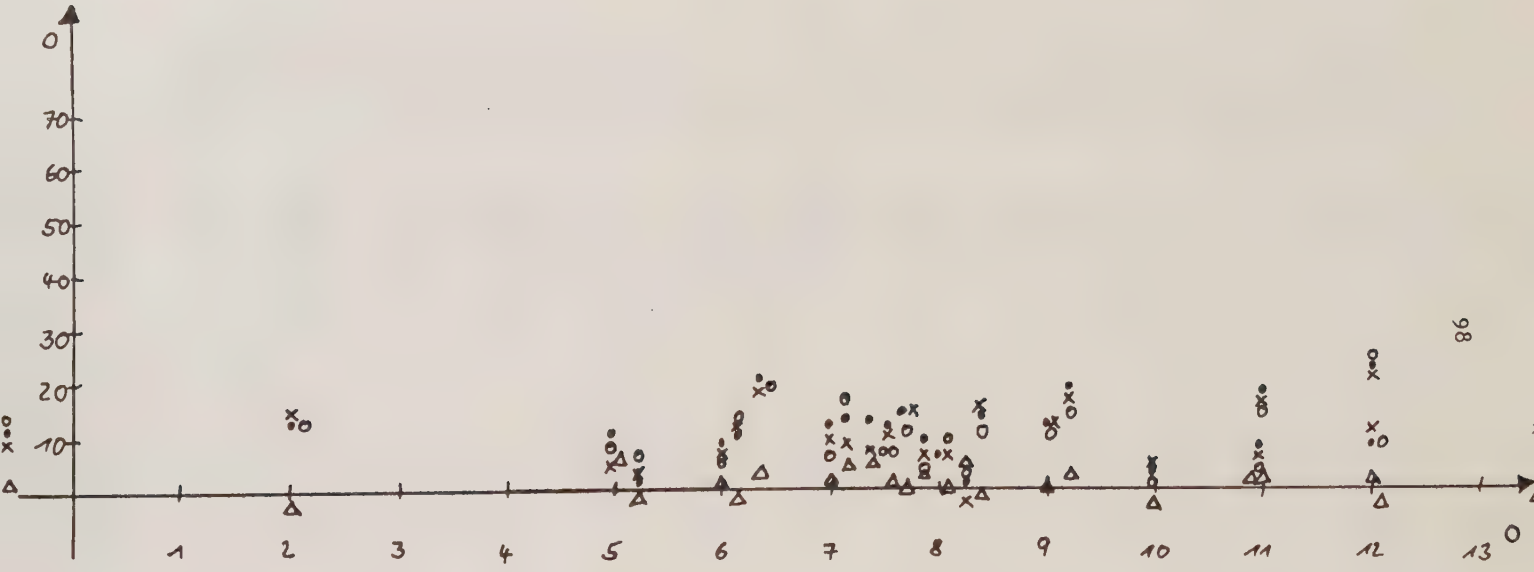
Tab. 20 a: Werte linksseitiger Halstorsion (•), Kopf- Halstorsion(X), gemessener (O) und errechneter (Δ) Version weiblicher Probanden (jünger als 45 Jahre) in Abhängigkeit vom senkrechten Durchmesser der Scapulagelnkfläche



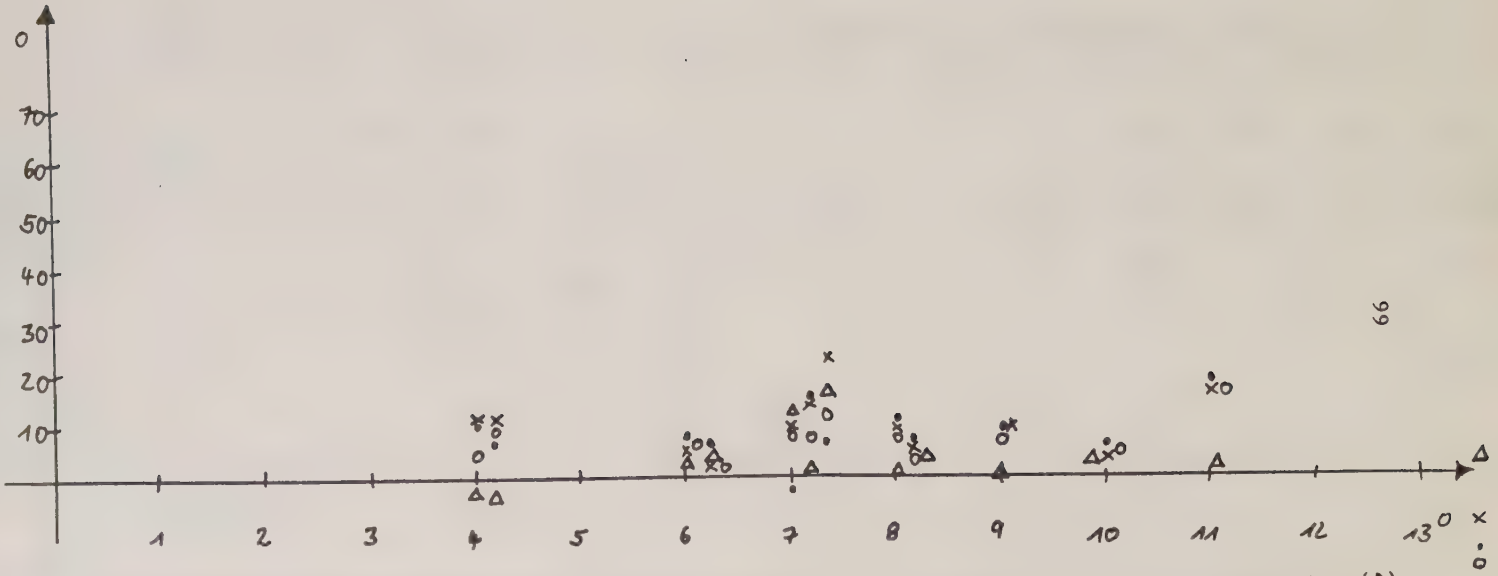
Tab. 20b: Werte linksseitiger Halstorsion (•), Kopf-Halstorsion (X), gemessener (O) und errechneter (Δ) Version weiblicher Probanden (jünger als 45 Jahre) in Abhängigkeit vom waagerechten Durchmesser der Scapulagelenkfläche



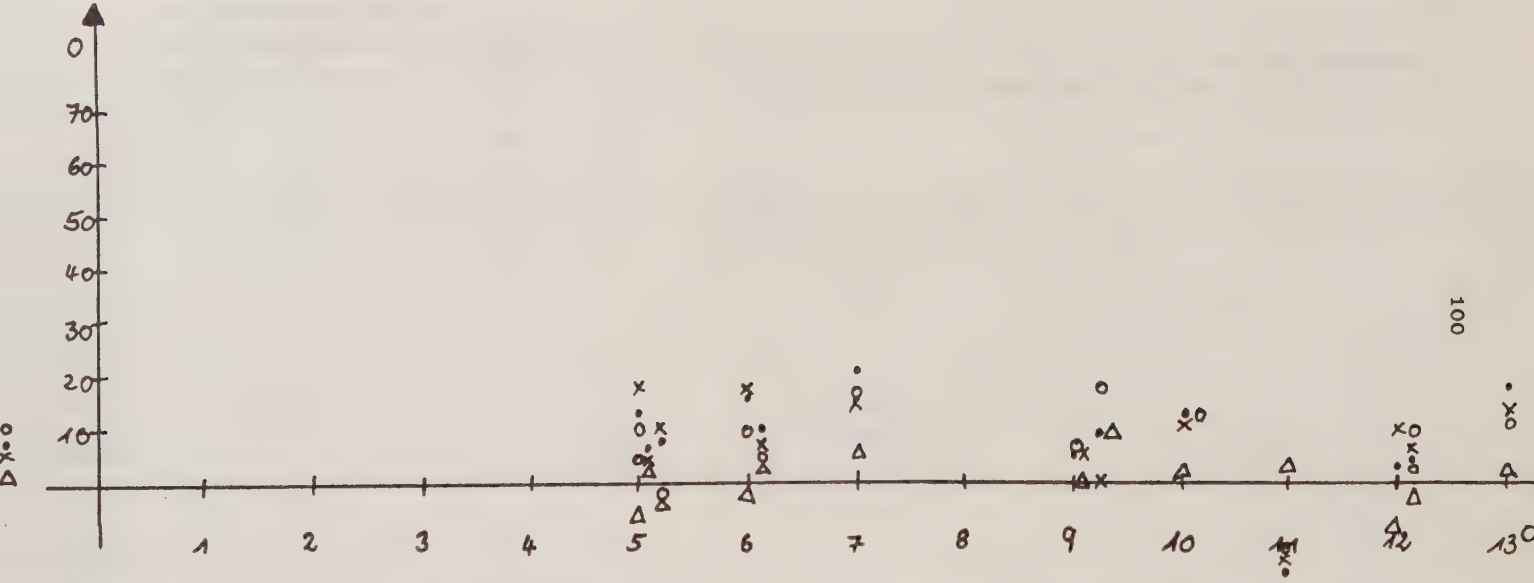
Tab. 21: Werte rechtsseitiger Halstorsion (●), Kopf- Halstorsion (X), gemessener (0) und errechneter (△) Version männlicher Probanden über 40 Jahre in Beziehung zu den zugehörigen Werten der Kippung der Scapulagelenkfläche



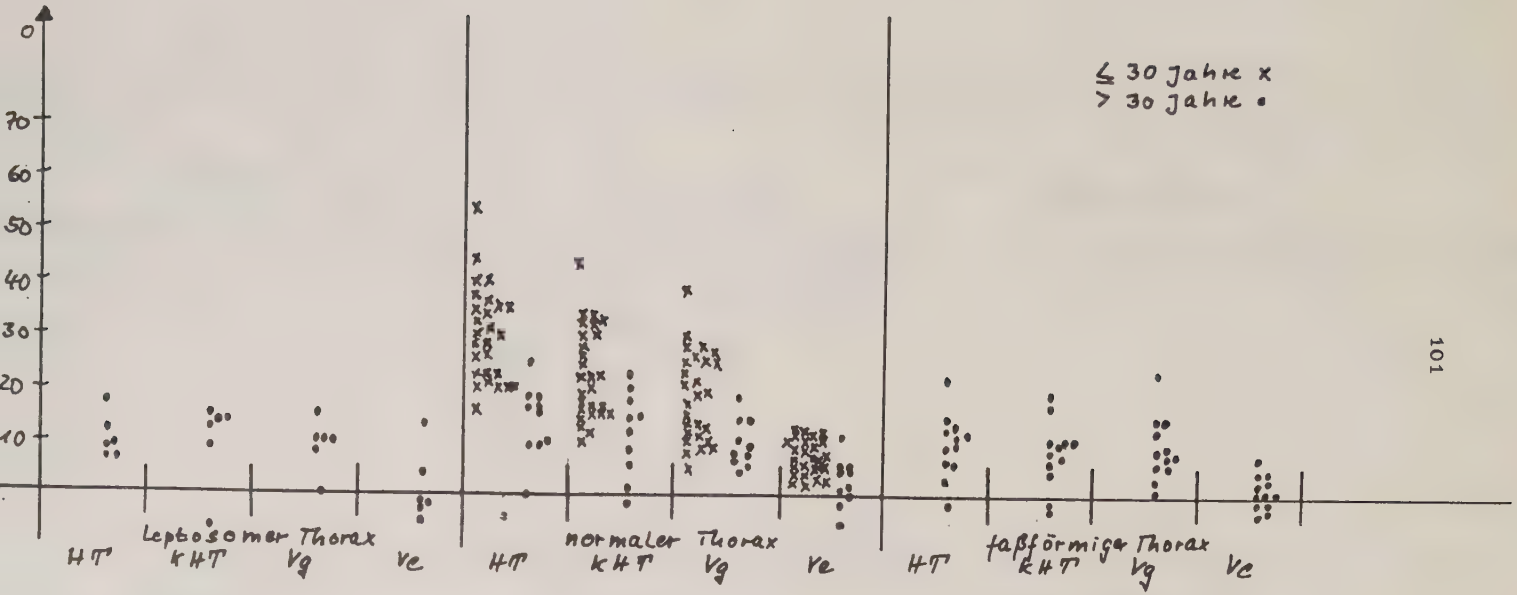
Tab. 22: Werte linksseitiger Halstorsion (•), Kopf- Halstorsion (X), gemessener (O) und errechneter (Δ) Version männlicher Probanden über 40 Jahre in Beziehung zu den zugehörigen Werten der Kippung der Scapulagelenkfläche



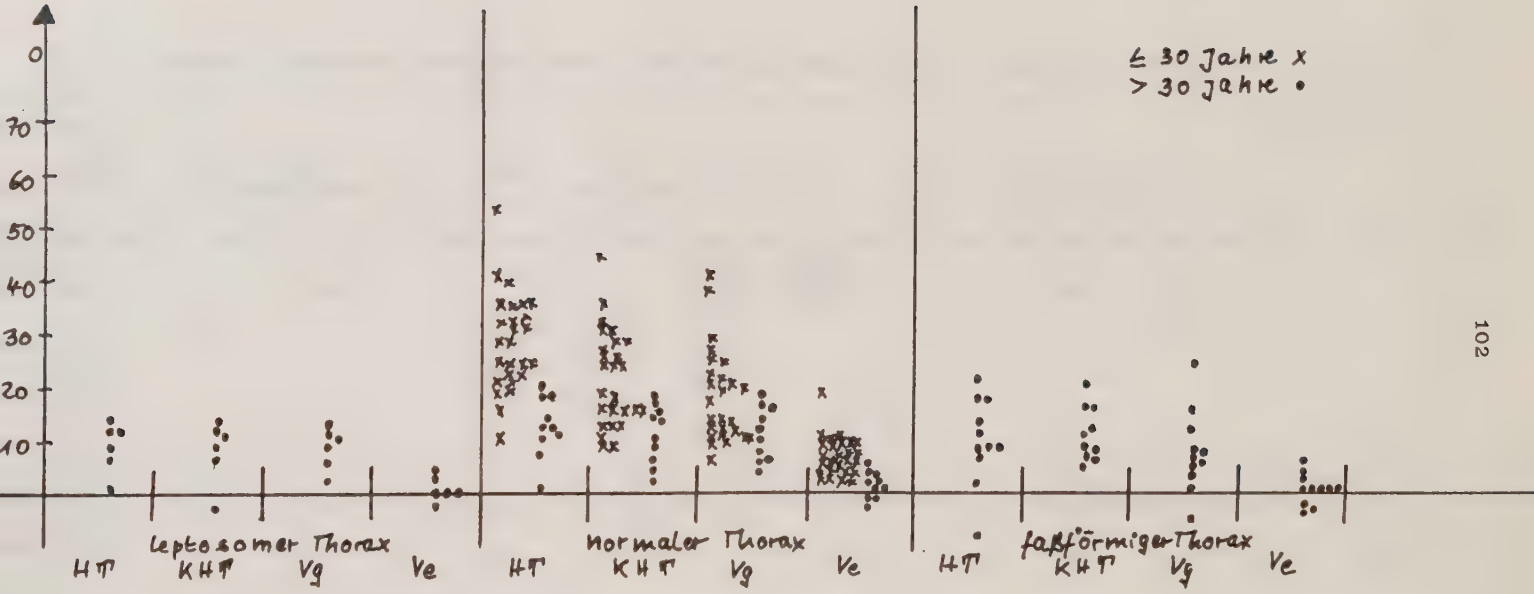
Tab. 23: Werte rechtsseitiger Halstorsion (•), Kopf- Halstorsion (X), gemessener (O) und errechneter (Δ) Version weiblicher Probanden über 45 Jahre in Beziehung zu den zugehörigen Werten der Kippung der Scapulagelenkfläche



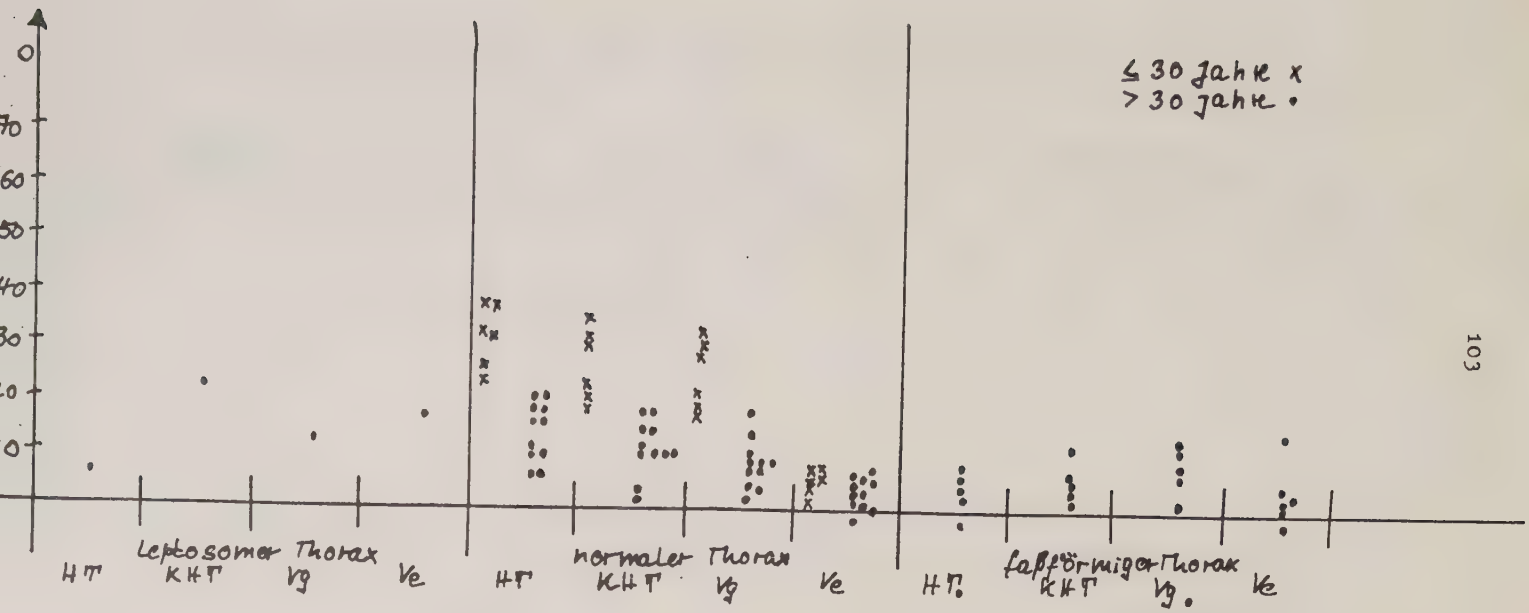
Tab. 24: Werte linksseitiger Halstorsion (•), Kopf- Halstorsion (X), gemessener (O) und errechneter (△) Version weiblicher Probanden über 45 Jahre in Beziehung zu den zugehörigen Werten der Kippung der Scapulagelenkfläche



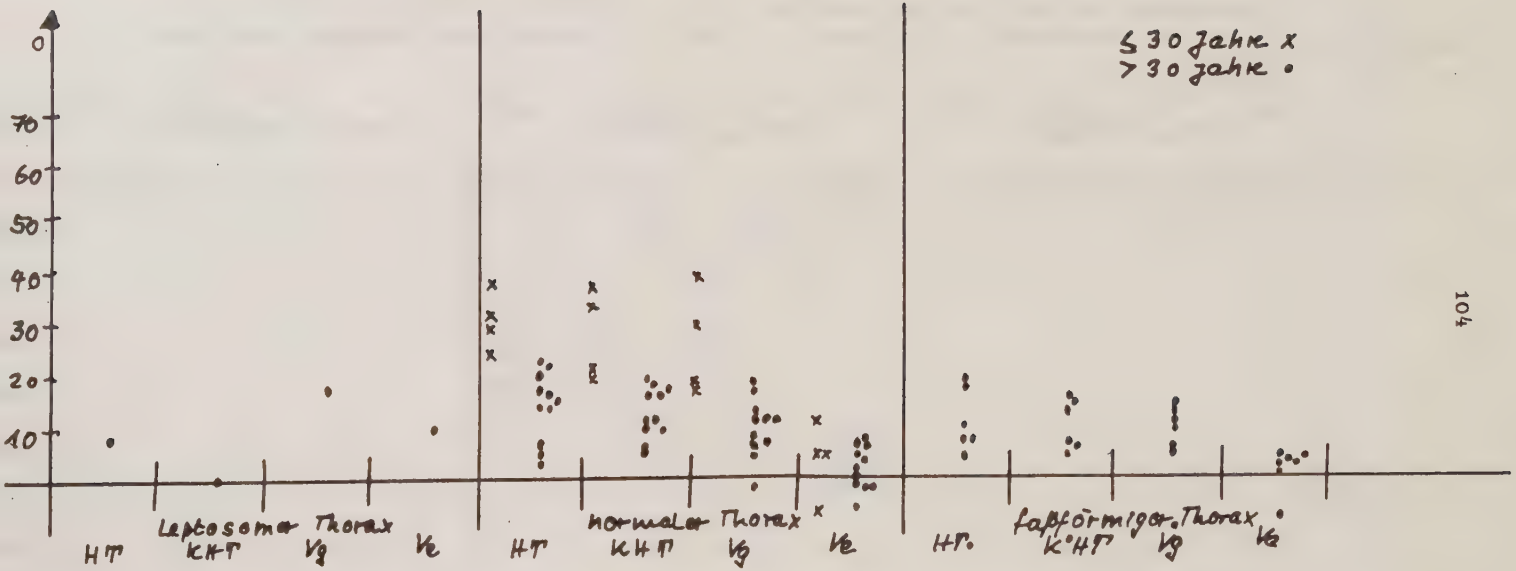
Tab. 25: Werte rechtsseitiger Halstorsion (•), Kopf- Halstorsion (X), gemessener (0) und errechneter (△) Version männlicher Probanden unter und über 30 Jahren in Beziehung zur Thoraxform



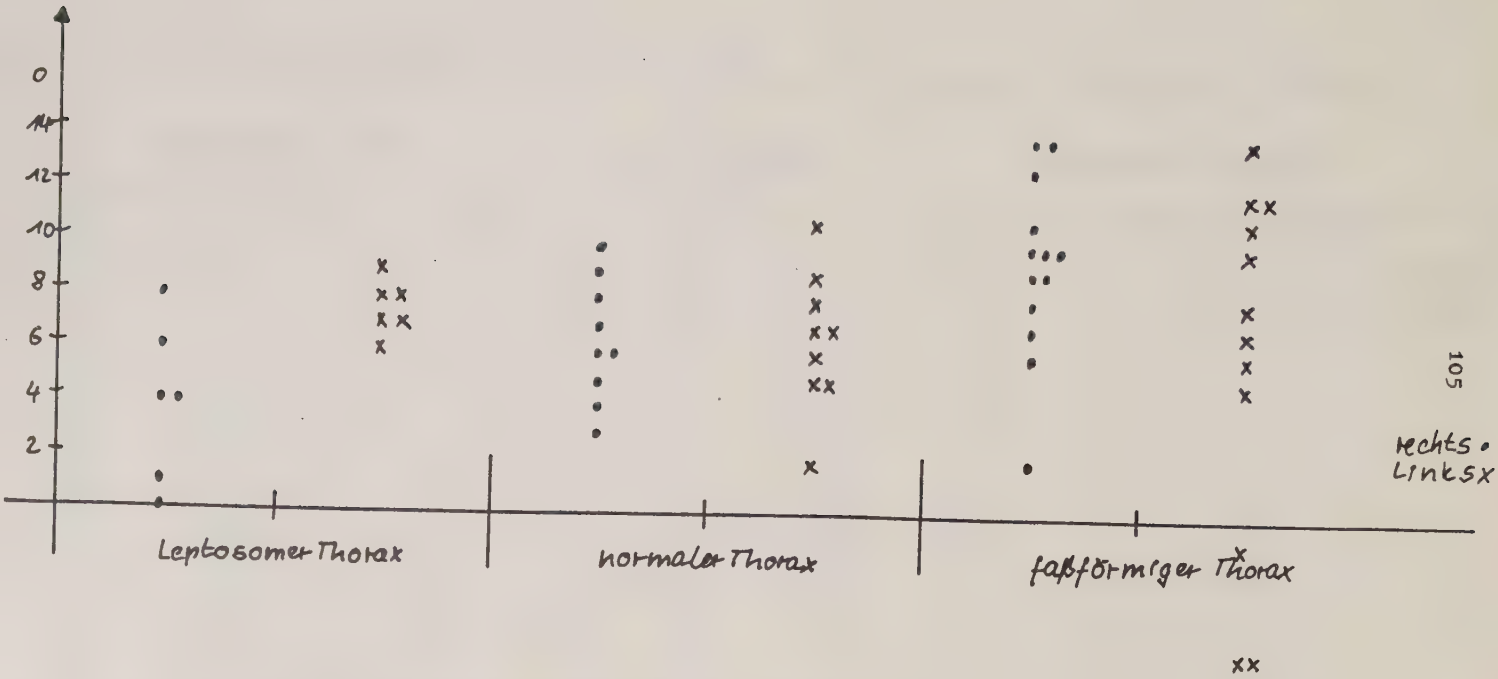
Tab. 26: Werte linksseitiger Halstorsion (•), Kopf- Halstorsion (X), gemessener (0) und errechneter (Δ) Version männlicher Probanden unter und über 30 Jahren in Beziehung zur Thoraxform



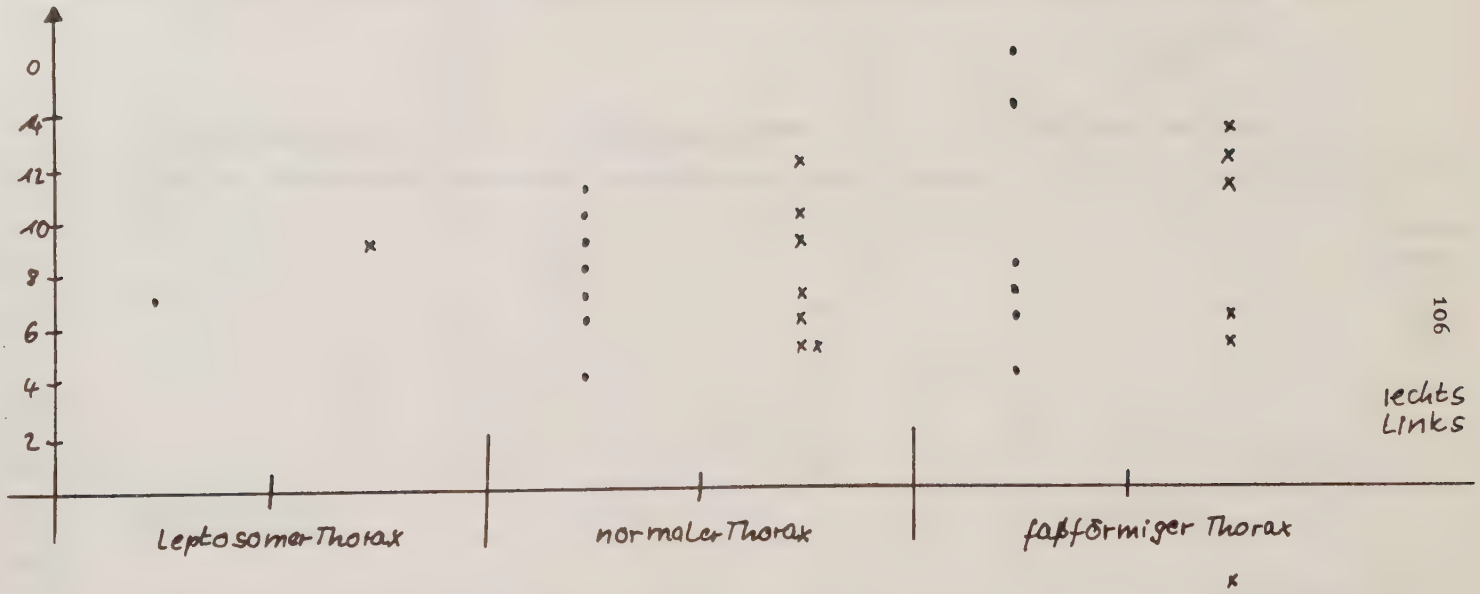
Tab. 27: Werte rechtsseitiger Halstorsion (•), Kopf- Halstorsion (X), gemessener (0) und errechneter (Δ) Version weiblicher Probanden unter und über 30 Jahren in Beziehung zur Thoraxform



Tab. 28: Werte linksseitiger Halstorsion (•), Kopf- Halstorsion (X), gemessener (0) und errechneter (Δ) Version weiblicher Probanden unter und über 30 Jahren in Beziehung zur Thoraxform



Tab. 29: Thoraxform in Beziehung zur rechts- und linksseitigen Kippung der Scapula nach dorsal von männlichen Probanden über 40 Jahre



Tab. 30: Thoraxform in Beziehung zur rechts- und linksseitigen Kippung der Scapula nach dorsal von weiblichen Probanden über 45 Jahre

IX Literaturverzeichnis

Abderhalden, E. Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden, U. u. S., Berlin 1930

Albrecht, P. Beiträge zur Torsionstheorie des Humerus, I. D., Kiel 1875, S. 5 - 61

Bankart, A. S. B. Dislocations of the Shoulder Joint; In Robert Jones Birthday Volume, pp. 307 - 314 London, Oxford University Press 1928

Bankart, A. S. B. The Pathologie and Treatment of Rec. Disloc. of the Shoulder Joint, Britisch J. Surg., 26; S. 23 - 29, 1938

Benninghof, H./Goerttler, K. Lehrbuch d. Anat. d. Menschen, Bd. 1, U. und S. 10. Auflage 1968

Biebl, R. Behandlung und Prognose frischer Schulterluxationen, Arch. f. Orth., 35; S. 381 - 396, 1935

Boenig, H. Leitfaden der Entwicklungsgeschichte d. Menschen, 9. Auflage Leipzig 1967

Braus, H. Die Entwicklung der Form der Extremitäten und des Extremitätenskeletts. S. 167 - 338. Oskar Hertwigs "Handbuch der vergleichenden und experimentellen Entwicklungslehre der Wirbeltiere. 1906

Braus. H. Anatomie d. Menschen, 1; Bewegungsapparat, Aufl. 2, Springer, Berlin 1929, S. 266 - 282

Broca, P. La torsion de l'humerus et le tropometre (Redige par L. Manouvrier) Rev. d. Anthrop., T. 4, pp 193 - 210, 385 - 423, 1881

Chillida, L. A. Characteristicas metricas y morfologicas de humeno en los aborigines Argentinos. Rev. Just. Anthrop. Univ. Nac. Tucuman, vol. 3, no. 1, pp 3 - 33

Davies, D. V./Davies, F. Gray's Anatomy, Longman's, London, 1962, 35. Editon

Debevoise, N. T./Hyatt, G. W./Townsend, G. B. Humeral Torsion in Rec. Shoulder Disloc., Determination by X - Ray, Clinical Orthopaedics a. Rel. Res., Phil., Bd. 76, 1971

De Palma, A. F. Rec. Dislocation of the Shoulder Joint, Am. J. Surg. 132; S. 1052 - 1065, 1940

Fick, R. Handbuch der Anatomie und Mechanik der Gelenke. Bd. 2, Abt. 1, Teil 1 von Bardelebens "Handbuch der Anatomie des Menschen," Jena, 1904, S. 164 - 168

Fick, R. Handbuch der Anatomie und Mechanik der Gelenke. Bd. 2, Abt. 1, Teil 2 von Bardelebens "Handbuch der Anatomie d. Menschen, " Jena, 1910, S. 293 - 298

Gegenbauer, C. Über die Drehung des Humerus, Jenaische Zeitschrift f. Medizin und Naturwissenschaft, 4. Bd. S. 50 - 63, Leipzig 1868

Gegenbauer, C. Vergleichende Anatomie d. Wirbeltiere Bd. 1, S. 523, Leipzig 1898

Gegenbauer, C. Anatomie d. Menschen, Bd. 1, Aufl. 7 S. 269, Leizig 1910

Goslar, H. G. Persönliches Gespräch 1980

Gray's Anatomy siehe u. Davies

Grunewald, J. Über Torsionserscheinungen an den langen Röhrenknochen des Menschen, Zeitschrift f. Morph. und Anthrop., Bd. 21, S. 103 - 150, München 1919

Hill, H. A./Sachs, M. D. Grooved Defekt of the Humeral Head, Radiology, 35; S. 690 - 700, 1940

Holl, C. Über die Entwicklung der Stellung der Gliedmaßen der Menschen, K. K. Akademie der Wissenschaften, Wien, Bd. 100, Abt. 3, S. 12 - 61, 1891

Horsmann, A. et al. Effekt of Rotation on Radiographie Dimensions of the Humerus and Femur, British J. of Radiology, 50, S. 23 - 28, 1977

Hovelius, L. Shoulder Disloc. in Swedish ich hockey players, Am. J. of Sports Medicine, Vol. 6, No 6, 1978

Howell, A. B. Gross Anatomy, D. Appleton - Century Co. N. y. 51, 1939

Hultkranz Das Ellenbogengelenk, Fischer, Jena, 1897

Kiesselbach, A. Persönliches Gespräch 1980

Krahl, V. E. An Apparatus for Measuring the Torsion Angle in Long Bones, Science 99, S. 498, 1944

Krahl, V. E./Evans, F. G. Humeral Torsion in Man, Am. J. Phys. Anthrop., n. s. 3; S 229 - 253, 1945

Krahl, V. E./Evans, F. G. The Torsion of the Humerus, A Phylogenetic Survey from Fish to Man, Am. J. Anat. 76, S. 303 - 337, 1945

Krahl, V. E. The Torsion of the Humerus, its Localisation, Cause and Duration in Man, Am. J. Anat. Vol. 80, No. 3, 1947

Lange, M. Die habituelle Schulterluxation, in: Wiederherstellungschir. und Traumatologie 4, S. 32 - 43, 1957

Lambert, F. Beiträge zur Theorie der Torsion des Humerus. Züricher Dissertation, Lausanne, 1904

Lambert, M. Note Sur la Torsion de 1 Humerus chez 1 Homme, compt Rend. soc. Biol. Paris, 1892

von Lanz, T./Wachsmuth, W. Praktische Anatomie, Ein Lehr- und Hilfsbuch der anat. Grundlagen ärzlichen Handelns, 1; Teil 3, Am. J. Springer, Berlin, 1935

Le Damany, P. Les torsion osseuses, Leur role dans la transformation des membres. J. Anat. et Physiol., T. 39, pp 126 - 134, 161 - 165, 313 - 337, 1903

Lucae, G. Die Hand und der Fuß, Frankfurt, 1865

Lucae, G. Die Stellung des Humeruskopfes zum Ellenbogengelenk beim Europäer und Neger, Archiv f. Anthrop., Bd. 2, Heft 1, pp 273 - 277, 1866

Magillian, D. J. Calculation of the Angle of Antervision by Mean of Horizontal Lateral Roentgenographie, J. Bone Joint - Surg., 38 - A, 1231 - 1246, 1956

Mainlad, D. The forces exerterd by individual human muscles, Trans. Roy Soc. Can., 3. Ser., 27, 1933

Martin, R. Lehrbuch d. Anthropologie, 2; Aufl. 2, Jena 1928 S. 1105 - 1108

Martin, R./Saller, K.
Lehrbuch d. Anthropologie, Band I, G. Fischer Verlag, Stuttgart 1957

Martin, C. P. Cause of torsion of the humerus and of the nodge of the anterior edge of the glenoidcavity of the scapula, J. Anat. vol. 67 (1932 - 1933), pp 573 - 582, 1933

Martins, Ch. Nouvelle cemparaision des mebres pelviens et thoraciques chez l'homme et chez les memmiferes, deduite de la torsion de l'humerus. Extrait des memoires de l'academie des sciences et lettres de Montpellier t. III., pp 471 - 542 Montpellier 1857

Martins, Ch. De la torsion de l'humerus, Compt. Rend. Acad. Sci., T 44, p. 244, 1857

Martins, Ch. De la direction des axes du col et des condyles du femur et de l'humerus dans les mammiferes, les oiseaux et les reptiles. Compt. Rend. Acad. Sci., T 44 pp. 1027 - 1029, 1857

Matthews, W./J. L. Wortman/J. S. Billings
Human bones of the Hemenway collection in the U. S. Army Medical Museum. Mem. Nat. Acad. Sci., vol. 6, pp. 139 - 286, 1893

Mc Laughlin, H. L. Lesions of the Musculotendinous Cuff of the Shoulder, J. Bone a. Joint Surg. Vol. 26, 1944

Mc Laughlin, H. L./Cavallaro, W. V.
Primary Ant. Disloc. of the Shoulder, Am. J. Surg. 80 S. 615 - 621, 1950

Mc Laughlin, H. L. Rec. Ant. Disloc. of the Shoulder, Am. J. Surg., Vol. 99, 1960

Mollison, T. Zur Entstehung d. Torsion d. Humerus, Münch. Med. Wochenschrift, Nr. 30, Jahrg. 64, 1917

Murray, P. D. F. Bones, a Study of the development and and Structurs of the vertebrate skelation, Cambridge Univ. Press, London, 1936

Nicola, T. Ant. Disloc. of the Shoulder, The Role of the Articular capsule, J. Bone and Joint Surg., 24; S. 614 - 614, 1942

Nicola, T. Acute Ant. Disloc. of the Shoulder, J. Bone and Joint Surg., 31 - A; S. 153 - 159, 1949

Pauwels, F. Über den funktionellen Bau und die funktionelle Anpassung des Röhrenknochens, Verh. Dtsch Orth. Ges. 49, 1951

Pauwels, F. Gesammelte Abhandlungen zur funktionellen Anatomie d. Bewegungsapparates, Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 1965

Pauwels, F. Eine neue Theorie über den Einfluß mechanischer Reize auf die Differenzierung der Stützgewebe, Z. Anat. Entw. Gesch. 121, 1960

Pauwels, F. Zur Frage der den Schenkelhals aufrichtenden Kräfte, Verd. Dtsch. Orthop. Ges. 30, 1935

Pauwels, F. Über eine Causale Behandlung der Coxa vulga luxans, Z. Orthop., 79, 1950

Pauwels, F. Über die Verteilung der Spongiosadichte im coxalen Femurende und ihre Bedeutung für die Lehre vom funktionellen Bau des Knochens, Z. Orthop., 95, 1954

Rippstein, J. Zur Best. d. Antetorsion d. Schenkelhalses mittels zweier Röntgenaufnahmen, Z. Orthop., 86, 1955

Rowe, C. Prognosis in Dislocations of the Shoulder, J. Bone and Joint Surg. Vol., 38 A, No 5, 1956

Rowe, C. Factors Reladted to Recurrences of Anterior Dislocations of the Shoulder, Clinical Orthop. a. Related Research, S. 40 - 48, Bd. 20, 1961

Saha, A. K./ Das, A. K./Chakravorty, B. G. Studies on the Elektromygraphic Changes of Muscles acting on the Shoulder Joint Complex, Calcutta med. J. 53, 409, 1956

Saha, A. K. Anat. and Mech. Observations on the Glenohumeral Joint, Calcutta Medical J. 1957

Saha, A. K./Das, A. K.
Ant. Rec. Disloc. of the Shoulder: Treatment by Rotation Osteotomy of the upper Shaft of the Humerus, Ind. J. Orth. 1, 132, 1967

Saha, A. K. Ant. Rec. Disloc. of Shoulder, Acta Orthop. Scand. 68, 479, 1967

Saha, A. K. Dynamic Stab. of the Glenohumeral Joint, Acta Orthop. Scand. 42, 491 - 505, 1971

Saha, A. K. Mechanics of Elevation of Glenohumeral Joint, Acta Orthop. 44, 668 - 678, 1973

Saha, A. K. Rez. Schulterluxation, Pathophys. und operat. Korrektur, Enke Bd. 22, 1978

Schmidt, Fr. Gegenseitige Stellung der Gelenk- und Knochenachsen. Archiv für Anthropologie. VI Bd. 1873, S. 181 - 193

Smith, W. S. Sequelae of Experimental Disloc. of a Weigt - Bearing Ball - and Socket Joint in a Young Growing Animal, J. Bone Joint Surg. Vol. 40 - A, No 5, 1958

Strasser, H. Lehrbuch d. Muskel- und Gelenkmechanik, Bd. 4, Spez. Teil, Die obere Extremität, Springer, Berlin 1917, S. 17 - 41, 332 - 345

Timm, P. Die Bestimmung der Torsion des Humerus an Röntgenbildern in der 3. Dimension Lübeck 1965

Tönnis, D./Kuhlmann, G. B.
Untersuchungen über die Häufigkeit von Hüftkopfnekrosen bei Spreizhosenbehandlung und versch. konservat. Behandlungsmethoden d. angeborenen Hüftdysplasie und Hüftluxation, 2. Orthop. 106, 1969

Weber, B. G. Humerusosteotomie bei hab. Schulterlux., Ther. Umschau, 28 (5), S. 292 - 3, 1971

Wermell, J. Untersuchungen über die Kinetogenese und ihre Bedeutung in der onto- und phylogenetischen Entwicklung. IV Mitteilung: Lageveränderung der Knochen- und Gelenkform. Gegenbauers Morph. Jahrbuch Bd. 75, S. 180 - 228, 1935

Wilson, J. C./Mc Keever, F. M.
Traumatic Posterior Disloc. of the Humerus, J. Bone And Joint Surg., 31 - A, 1949

X Lebenslauf

Am 3. Dezember 1955 wurde ich als Sohn der Eheleute Bernhard und Hanni Lübbehüsen, geb. Kruse in Emstek geboren.

Ostern 1962 wurde ich in die Volksschule Emstek eingeschult.

Ostern 1966 wechselte ich auf den humanistischen Zweig des Clemens - August - Gymnasiums in Cloppenburg, wo ich im Mai 1975 das Abitur bestand.

Von Juli 1975 bis September 1976 leistete ich meinen Grundwehrdienst als Kraftfahrer in einer Transporteinheit.

Im Wintersemester 1976/77 begann ich mein Medizinstudium an der Universität Düsseldorf.

Dort habe ich im August 1978 die ärztliche Vorprüfung bestanden und ein Jahr später die erste ärztliche Prüfung.

Es ist mir ein besonderes Anliegen, Herrn
Professor Dr. Schulitz, Direktor der Orthopädischen Klinik der Universität Düsseldorf, dafür zu danken, daß er mir das Thema meiner Dissertation zur Bearbeitung überlassen hat und mir für Anregungen zur Verfügung stand.

Aufrichtig danken möchte ich auch den Herren
Professor Dr. Goslar, Direktor des Anatomischen Institutes,
Professor Dr. Hort, Direktor des Pathologischen Institutes und
Professor Dr. Schweitzer, Direktor des Instituts für Rechtsmedizin, alle Universität Düsseldorf, für die großzügige Erlaubnis, die Messungen in ihren Instituten durchzuführen. Ohne das besondere Entgegenkommen von Herrn Professor Dr. Schweitzer wäre eine zügige Durchführung nur schwer möglich gewesen.

Den Herren
Professor Dr. Dr. Kiesselbach, emeritierter Direktor des Anatomischen Institutes der Universität Düsseldorf und
Professor Dr. Goslar, Direktor des Anatomischen Institutes der Universität Düsseldorf danke ich für die Anregungen zur Präzisierung der anatomischen Vorstellungen und Grundlagen.

Herzlicher Dank gebührt auch Herrn Dr. Schleberger, Orthopädische Klinik der Universität Düsseldorf, hernach Orthopädische Universitätsklinik Bochum im St. Josefs-Hospital, für seine stete Bereitschaft zum Gedankenaustausch.